

3. A vízhiány hatása a mezőgazdasági és természeti területekre

3.1. A múlt és a jelen aszályai

Fiala Károly, Benyhe Balázs, Dragan Dolinaj, Pálfai Imre

A vízhiány hatása a mezőgazdasági és természeti területekre

Az aszály kialakulásában a meteorológiai tényezők kiemelkedő szerepet játszanak, így ezen paraméterek további vizsgálatával az aszály mértéke, a különböző szempontú összefüggések alapján, számszerűsíthetővé válik. Az aszály jelenségének vizsgálata, kutatása a mintaterült szempontjából a jelentős mezőgazdasági érintettség miatt rendkívüli fontosságú, ezért a Tisza jobb parti vízgyűjtőjén és a Vajdaság területén végzett vizsgálatainkban PAI (Pálfai-féle aszályossági index, Pálfai 1989), MAI (Nedvesség anomália index, Hargreaves 1971) segítségével jellemeztük az elmúlt évtized aszályait.

Az indexek számítása:

$$PAI = \frac{\left[\sum_{i=apr}^{aug} T_i \right] 5}{\sum_{i=oct}^{aug} (P_i * w_i)} * 100 * k_t * k_p * k_{gw}$$

ahol: T: hőmérséklet; P: csapadék
w_i: súlyozó tényező
k: korrekciós tényező (hőmérséklet, csapadék, talajvíz)

$$MAI = \frac{AE}{PE}$$

ahol: AE: tényleges evapotranspiráció
PE: potenciális evapotranspiráció

3. Efekti nestašice vode na poljoprivredne i prirodne površine

3.1 Suše u prošlosti i sadašnjosti

Fiala Károly, Benyhe Balázs, Dragan Dolinaj, Pálfai Imre

Efekti nestašice vode na poljoprivredne i prirodne površine

Meteorološki faktori igraju važnu ulogu u pojavi suše, tako da daljom analizom ovih parametara, na osnovu korelacija raznih aspekata, intenzitet suše može da se izrazi numerički. Analiza i istraživanje pojave suše je sa aspekta istraživanog prostora, zbog značajne poljoprivredne funkcije od izuzetnog značaja i zbog toga smo u našim istraživanjima koja smo vršili na desnom delu sliva Tise i prostoru Vojvodine pomoću PAI (Pálfai indeks suše, Pálfai 1989), MAI (Indeks anomalije vlažnosti, Hargreaves 1971) ispitali pojave suše u prošloj deceniji.

Računanje indeksa:

$$PAI = \frac{\left[\sum_{i=apr}^{aug} T_i \right] 5}{\sum_{i=oct}^{aug} (P_i * w_i)} * 100 * k_t * k_p * k_{gw}$$

gde su: T: temperatura; P: padavine
w_i: težinski faktor
k: faktori korekcije (temperatura, padavine, podzemne vode)

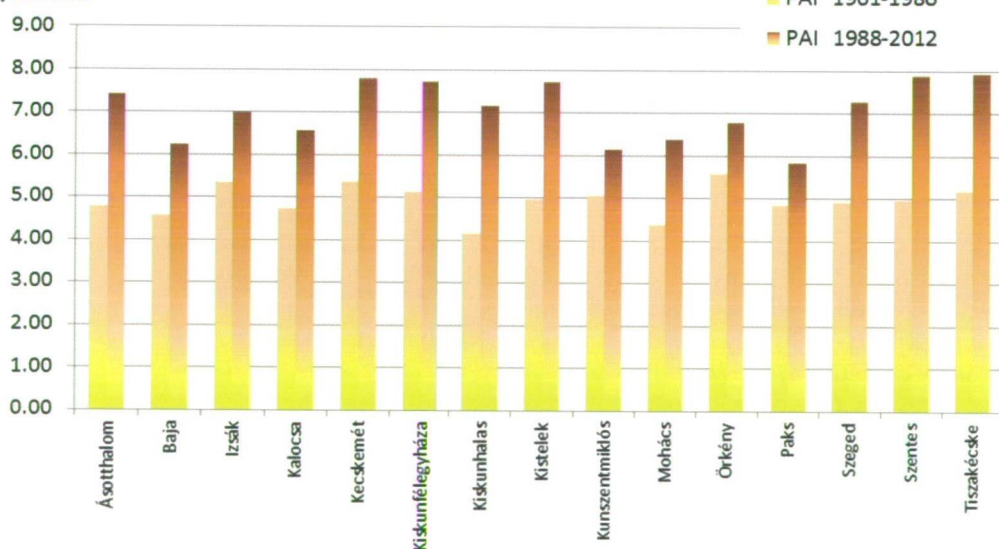
$$MAI = \frac{AE}{PE}$$

where: AE: stvarna evapotranspiracija
PE: potencijalna evapotranspiracija

A Pálfai-féle aszályosság index vizsgálata a mintaterület magyarországi részén

A Tisza jobb parti vízgyűjtő területén található állomások kiszámított Pálfai-féle aszályindexeit a 3.1. ábra mutatja be. A két részidőszak átlagértékei között jelentős emelkedés tapasztalható valamennyi állomás esetében. Az aszály jelenségének erőssége egyértelműen nőtt, míg az első időszakban az enyhe és mérsékelt aszály volt jellemző, addig a második periódusban már a közepes aszály a domináns. Míg az 1961-1987 közötti időszakban 5 körül szóródnak a PAI értékei, addig a következő periódusban ez az érték már 7 körüli!

°C/100 mm



3.1. ábra A PAI átlagértékeinek változása a vizsgált magyarországi állomásokon, a két részidőszakban

Slika 3.1 Promene prosečne vrednosti PAI u ispitivanim stanicama u Mađarskoj, u dva podperioda

Fig. 3.1 Changes of PAI mean values in the studied stations in Hungary in the two partial periods

Az aszály erősségét a vízhiány mértékével is lehet definiálni, bár ez a paraméter az érintettek számára sokszor nem megfelelő. A mezőgazdasági, ökológiai, ipari és társadalmi vízigények teljesen eltérőek. Az eltérő igényeknek megfelelően az érintett terület átlagos csapadékmennyiségéhez viszonyítva

Ispitivanje Palfai indeksa suše na delu ispitivanog područja u Mađarskoj

Slika 3.1 prikazuje Palfai indekse suše izračunate za područje stanica koje se nalaze na desnom delu sliva Tise. Između prosečnih vrednosti dva podperioda može se primetiti značajan porast u slučaju nekoliko stanica. Intenzitet pojave suše je nedvosmisleno porastao, dok je u prvom periodu bila tipična umerena suša, dotle u drugom periodu dominira suša srednjeg intenziteta. Dok se u periodu od 1961-1987 vrednosti PAI kreću oko 5, u sledećem periodu ova vrednost je već oko 7!

Intenzitet suše se može definisati i sa iznosom deficita vode, iako ovaj parametar često ne odgovara uključenim stranama.

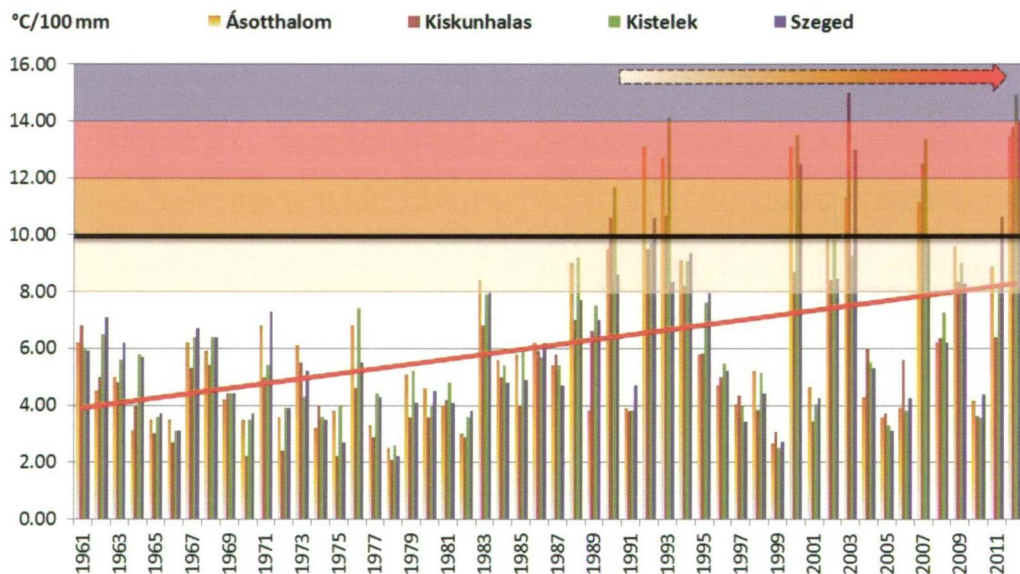
Poljoprivredne, ekološke, industrijske i društvene potrebe za vodom se u potpunosti razlikuju. Dobar pristup ovoj problematici, koji odgovara različitim potrebama, je preko

lehet jól megközelíteni ezt a problémakört. A sokéves átlagtól eltérő csapadékmennyiségek alkalmasak a fellépő vízhiány meghatározására. Számos kutató foglalkozott a problémával (Szalai 2009, Bartholy és Pongrácz 2005), amely alapján elkészültek csapadékhiányos területek zonális térképei. A vizsgálatok szerint a vízgyűjtőterületen az aszályos időszakban a csapadékhiány 100 mm és 200 mm közötti, ami rendkívüli esetben nagyobb mértékű is lehet. A probléma fokozódhat olyan esetben (ilyen előfordult már), amikor egymást követő években fordul elő ugyanazon területen az aszály jelensége, mivel a vízhiány (amennyiben nem volt jelentős visszapótlódás) egyre súlyosabbá válik.

Az aszály erőssége mellett, a jelenség előfordulási gyakoriságával is foglalkozni szükséges, amivel a terület érintettségét pontosabban lehet kifejezni. A 3.2. ábra szerint a jelenség erőssége mellett, annak gyakorisága is nőtt. Szembetűnő változás figyelhető meg

prosečne količine padavina na zahvaćenom području. Količine padavina koje odstupaju od dugogodišnjih proseka su odgovarajuće za određivanje pojave deficita vode. Brojni istraživači su se bavili problemom (Szalai 2009, Bartholy i Pongrácz 2005), na osnovu kojih su izrađene zonalne karte oblasti sa deficitom padavina. Prema ispitivanjima na istraživanom području u sušnom periodu, deficit padavina je između 100 i 200 mm, koji u izuzetnim slučajevima može imati i veću vrednost. Problem se može povećati u slučaju (ovako nešto se već dogodilo), kada se u uzastopnim godinama na istom prostoru pojavi suša, pošto deficit vode (ukoliko nije bilo značajnog nadokadaivanja) postaje sve ozbiljniji.

Pored intenziteta suše, potrebno je baviti se i sa učestalošću pojave, čime se može tačnije izraziti zahvaćenost prostora. Prema slici 3.2. pored povećanja intenziteta pojave, porasla je i njena učestalost. Uočljiva



3.2. ábra Az aszályindex (PAI) évi értékeinek alakulása négy állomáson, 1961-2012 között
Slika 3.2 Kretanje godišnjih vrednosti indeksa suše (PAI) na četiri stanice, između 1961-2012

Fig. 3.2 Annual PAI values at four stations between 1961-2012

a '90-es éveket követően; azt megelőzően az aszályindex évi mutatója kevés esetben érte el a 8-as értéket (közepes aszály), majd az elmúlt két évtizedben több alkalommal rendkívüli (5 esetben), vagy extrém (2 esetben) aszályértékek a jellemzőek. Az adatok szerint minden második évben minimum közepes, minden harmadik évben rendkívüli, vagy extrém aszály sújtja a térséget, jelentős károkat okozva.

Természetesen az időbeli eltérések mellett a területi különbségek is számottevőek. Az egyes területek aszályossága, „aszályhajlama” lényegesen eltérő. A térség földrajzi helyzetét az aszály jelenség szempontjából kedvezőtlennek mondhatjuk. Természetesen az egymást követő évek különböznek egymástól, így az aszály mértéke is eltérő. Rendkívül lényeges, hogy az országos átlaghoz képest a PAI értékek itt nagyobbak, továbbá igen fontos, hogy az eltérés az erős aszályok tekintetében igen markáns.

Az 1989. év száraz ősze és hómentes tele előrevetítette a következő néhány év aszályait. 1990-ben a talajvíz alacsony szintje, a csapadégmentes és forró július és augusztus a kukoricatermésben okozott óriási károkat. Az 1992-es és az 1993-as aszály kialakulásában ugyanezek az okok fedezhetők fel – a mértékük is a '90-eshez hasonló.

Az 1992. évi léghőmérsékleti adatok szerint az április – augusztus közötti időszak középhőmérséklete 18,8°C volt, ami nem mondható rendkívülinek. Az augusztus havi középhőmérséklet meghaladta a 25°C-ot, ami évszázados rekord megdőlését jelentette. A három nyári hónapban a hőségnapok száma meghaladta a 37-et, ez az átlag több mint kétszerese. Az előző év utolsó negyedében a sokévi átlagot meghaladó csapadékmennyiség hullott, ám decembertől kezdődően a sokévi átlag alatt maradtak a havi összegek, ez alól kivétel csak a júniusi hónap volt. A legmelegebb időszakban

promena se može primetiti nakon 90tih godina; pre toga je indeks sušnosti u malom broju slučajeva dostizao vrednost od 8 (suša srednjeg intenziteta), da bi se u protekle dve decenije u više navrata javljale vanredne (u 5 slučajeva) ili ekstremne (u 2 slučaja) vrednosti. Prema podacima, region pogađa svake druge godine suša najmanje srednjeg intenziteta, a svake treće godine vanredna ili ekstremna suša, uzrokujući značajne štete.

Naravno, pored vremenskih odstupanja i prostorne razlike su značajne. „Dispozicija” za sušu pojedinih prostora je vrlo različita. Sa aspekta pojave suše se može reći da je geografska pozicija oblasti nepovoljna, jer pripada prostorima, gde se treba računati sa ovom pojavom. Naravno, uzastopne godine se razlikuju međusobno, tako da su razmere suše različite.

Izuzetno je bitno, da su u odnosu na prosečne vrednosti u državi, vrednosti PAI ovde veće, te je nadalje vrlo važno, da je odstupanje u pogledu jakih suša vrlo upadljivo. Suva jesen 1989. godine i zima bez snega nagovestila je sušu u narednih nekoliko godina. Nizak nivo podzemnih voda 1990, vreli jul i avgust bez padavina je prouzrokovao ogromne štete na usevima kukuruza. U pojavi suše 1992 i 1993 se mogu otkriti isti uzročnici - a njihove razmere liče na 1990 godinu.

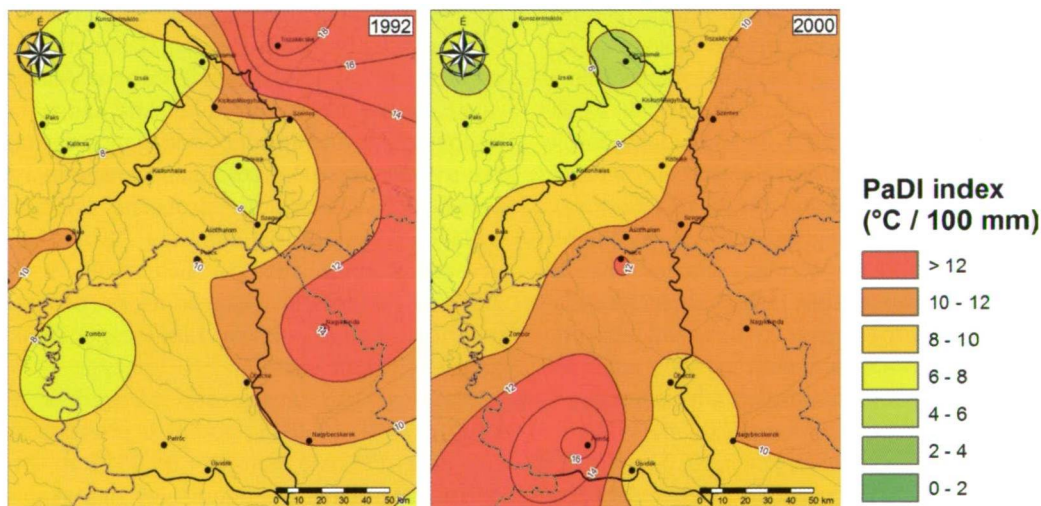
Prema podacima iz perioda između aprila i avgusta 1992, srednja temperatura vazduha je bila 18,8°C, koja se ne može označiti kao vanredna. Avgustovska srednja temperatura je premašila 25°C, što je značilo obaranje vekovnog rekorda. U tri meseca broj tropskih dana je premašio 37, što je više nego dvostruko od proseka. U poslednjoj četvrtini prethodne godine količina padavina je prevazišla dugogodišnji prosek, ali počev od decembra mesečne sume su ostale ispod dugogodišnjih proseka, sa jednim izuzetkom - meseca juna. U najtoplijem periodu nije

csapadéktevékenység nem volt, az érintett területen a csapadégmentes napok száma meghaladta a 30 napot. A PAI értékei 11-14 °C/100 mm között alakultak, amelynek területi eloszlását a 3.3. ábra mutatja be. Ebben az évben a Vajdaság területén is hasonló mértékű aszályok voltak jellemzőek.

A 2000. évi aszályt az 1999 novemberében és decemberében lehullott, a sokévi átlag kétszeresét kitevő csapadékból keletkezett óriási belvíz előzte meg. A januári és februári időszak csapadékszegény volt, majd március és április az átlagosnál némileg csapadékosabb volt. Április 7-e után azonban egy rendkívül hosszú száraz időszak kezdődött, amely július első hetéig tartott, majd kis szünet után ismét folytatódott. Az egész naptári évben Szegeden csupán 216 mm-t - a Duna-Tisza köze legtöbb állomásán 300 mm-nél kevesebbet mértek, az április-augusztus időszakban a csapadék a 60 mm-t sem érte el, a nyári hőségnapok száma is nagyon magas volt, ezek együttesen idézték elő az aszályhelyzetet, a PAI értékei 12 és 14

bilo padavinskih aktivnosti, na zahvaćenom području je broj dana bez padavina premašio 30. Vrednosti PAI su se kretale između 11-14 °C/100 mm, čiji prostorni raspored prikazuje slika 3.3. U ovoj godini su i na prostoru Vojvodine bile tipične suše sličnog intenziteta.

Suši 2000. godine su prethodile velike suvišne unutrašnje vode koje su se formirale od padavina u novembru i decembru 1999., koje su u odnosu na dugogodišnje proseke imale dvostruku vrednost. Januarski i februarski period je bio siromašan u padavinama, da bi mart i april bili nešto vlažniji od proseka. Međutim nakon 7. aprila započeo je jedan izuzetno dugačak suvi period, koji je trajao do prve nedelje jula, a zatim se nakon male pauze nastavio. U celoj kalendarskoj godini u Segedinu je izmereno samo 216 mm, a na najvećem broju stanica u međurečju Dunava i Tise je izmereno manje od 300 mm, a u periodu april-avgust padavine nisu dostigle ni 60 mm, a broj tropskih letnjih



3.3. ábra A PAI értékek eloszlása 1992-ben és 2000-ben (4-6 enyhe aszály, 6-8 mérsékelt aszály, 8-10 közepes aszály, 10-12 erős aszály, 12-14 rendkívüli aszály, >14 extrém aszály)

Slika 3.3 Raspored PAI vrednosti 1992 i 2000 (4-6 enyhe aszály, 6-8 mérsékelt aszály, 8-10 közepes aszály, 10-12 erős aszály, 12-14 rendkívüli aszály, >14 extrém aszály)

Fig. 3.3 Spatial distribution of PAI values in 1992 and 2000 (4-6: slight drought; 6-8: moderate drought; 8-10: heavy drought; 10-12: serious drought; 12-14: very serious drought; >14: extreme drought)

között alakultak (3.3 ábra). Ebben az évben a Vajdaság területét sokkal erőteljesebben sújtotta az aszály.

A 2007. évi aszályt megelőzően, 2006-ban jelentős belvízi elöntések, és rekordméretű árvíz sújtotta a területet. Tavasszal már számítani lehetett arra, hogy ez az év aszályos lesz, hiszen 2006 őszén, telén hosszú szárazság volt tapasztalható, a csapadék háromhavi összege csupán a sokévi átlag felét érte el. Mindezek mellett a téli hónapok szokatlanul enyhék voltak, a havi középhőmérsékletek 4-5°C körül alakultak, szemben a -1-1,5°C-os sokévi átlaggal. A párolgás ennek megfelelően magasabb volt, növelve a kialakult vízhiányt. A tavasz elején átlagos csapadékok voltak jellemzőek, majd áprilisban szinte alig hullott mérhető mennyiség. A májustól kezdődő nagy csapadékokkal jellemezhető időszakban valamelyest mérséklődött a helyzet, azonban a nyári forróság beköszöntével igen súlyos aszály alakult ki. Július közepétől a napi maximumok meghaladták a 36°C-ot, a hőségnapok száma az Alföldön 50-60 nap volt. A júliusi csapadékmennyiség a sokévi átlag felét érte el, augusztusban pedig tovább csökkent a csapadéktevékenység, a területre jellemző mennyiségek harmada hullott, rendkívüli aszályt okozva (3.4. ábra). 2007-ben a Vajdaság területén a Pálfai index értékei alapján csak mérsékelt és enyhe aszályok voltak megfigyelhetők.

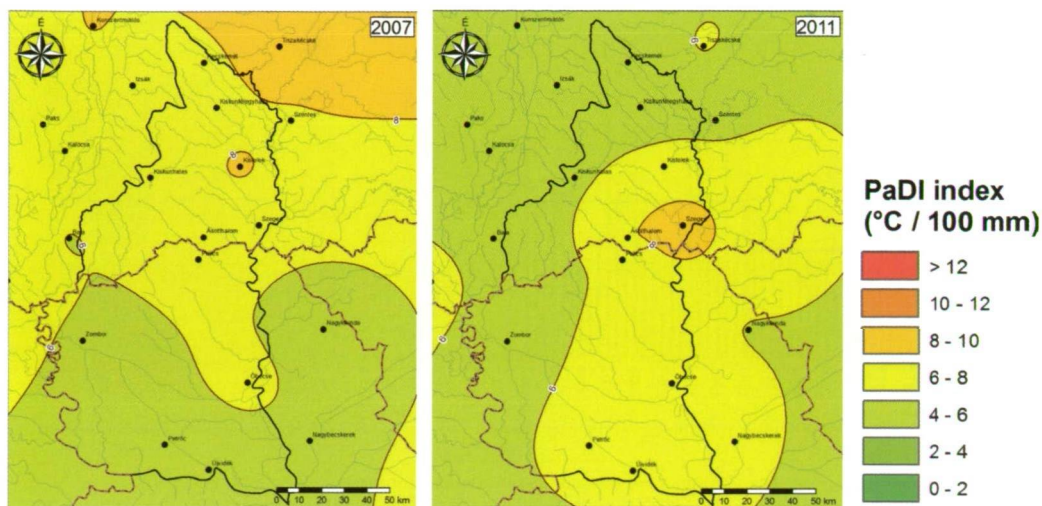
Az elmúlt 50 év legnagyobb aszálya 2012-ben alakult ki. 2011-ben országos átlagban alig több mint 400mm csapadék hullott, amely a sokéves átlag kétharmad része, a vizsgálati területen 325-400mm között alakult az éves csapadékmennyiség. 1901-óta ez volt a legszárazabb év (3.4. ábra). Ezt a nagy csapadékhányt még valamelyest tudta ellensúlyozni a 2010-ben hullott és a talajban elraktározódott nedvesség. 2012 első felében a hosszan tartó száraz időszak folytatódott, a vízgyűjtő területén átlagosan 30%-al, egyes helyeken 50%-kal kevesebb hullott a sokévi átlagnál. Augusztusig átlagosan 225 mm csapadékot regisztráltak (augusztusban mind-

dana je takode bio vrlo visok, i sve ovo zajedno je prouzrokovalo stanje suše, a vrednosti PAI su se kretale između 12 i 14 (Slika 3.3). U ovoj godini prostor Vojvodine je mnogo jače pogodila suša.

Pre suše 2007 godine, 2006 godine su područje pogodila velika plavljenja suvišnim unutrašnjim vodama i rekordne poplave. Već u proleće se moglo računati na padavinama siromašnu godinu, pošto je u jesen i zimu 2006 zabeležena duga suša, tromesečna suma padavina je dostigla samo polovinu od dugogodišnjeg proseka. Pored svega ovog zimski meseci su bili neobično blagi, srednje mesečne temperature su se kretale oko 4-5 °C, nasuprot dugogodišnjem proseku od -1 - -1,5 °C. Isparavanje je u skladu sa tim bilo veće, povećavajući pojavu deficita vode. Na početku proleća su bile karakteristične prosečne padavine, a u aprilu skoro da nije pala merljiva količina. U periodu od maja, kojeg su karakterisale velike padavine, donekle se ublažilo stanje, ali sa nastupanjem letnjih vrućina, javila se vrlo ozbiljna suša. Od početka jula dnevni maksimumi su prelazili 36°C, a broj tropskih dana u Velikoj ravnici je bio 50-60. Julska količina padavina je dostigla polovinu dugogodišnjeg proseka, a u avgustu se dalje smanjivala padavinska aktivnost, sa trećinom prosečne količine padavine karakteristične za područje, uzrokujući time izuzetnu sušu (Slika 3.4). 2007 su na prostoru Vojvodine na osnovu vrednosti Pálfai indeksa zabeležene samo umerene i slabe suše.

Najveća suša u proteklih 50 godina je nastala 2012. U 2011. godini u proseku za celu državu je palo malo više od 400 mm, što iznosi dve trećine dugogodišnjeg proseka, a na istraživanom području se godišnja suma kretala od 325-400 mm.

Od 1901 ovo je bila najsušnija godina (Slika 3.4). Ovaj veliki deficit padavina donekle je mogla ublažiti vlažnost očuvana u



3. 4. ábra A PAI értékek eloszlása 2007-ben és 2011-ben

Slika 3.4 Raspored PAI vrednosti 2007 i 2011

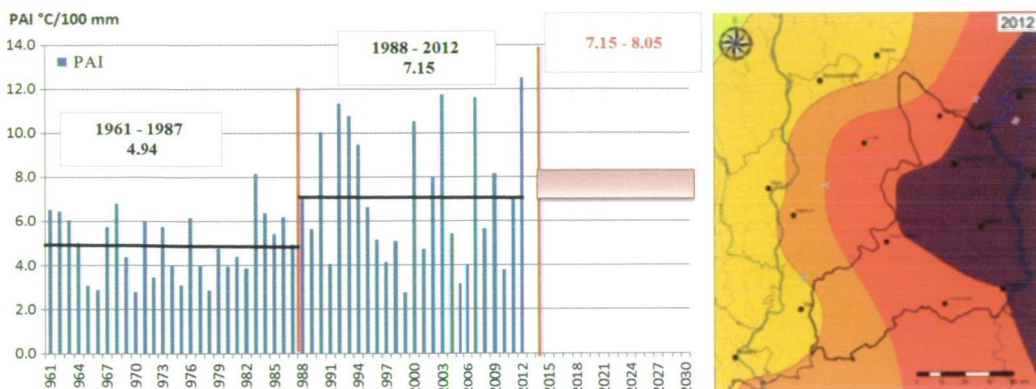
Fig. 3.4 Distribution of PAI values in 2007 and in 2011

össze 5 mm körüli csapadék hullott!), holott a sokévi átlag 380mm körül jellemző, az egész vízgyűjtő, de Kecskemét térsége különösen száraz volt (3.5. ábra). A rendkívüli szárazságot tovább fokozta, a július és augusztus hónapok extrém magas hőmérséklete, a sokévi átlagnál 3-4°C-kal magasabb volt a havi középhőmérséklet. A napi extrémumok, hőségnapok száma elérte a 60 napot. A szélsőséges időjárási elemek szuperonálódása miatt a vízgyűjtőterület 80%-án extrém és rendkívüli aszály alakult ki.

Az egymást követő évek aszályerőssége lényegesen eltérő lehet, sok esetben egymás után nem alakul ki aszály. Az aszályindexek átlagának időbeli változása alapján (3.5. ábra) elmondható, hogy az aszályok erőssége számottevően nőtt a vizsgált két időszakban. Az ábra tanúsága szerint az aszályos évek gyakorisága és a kialakult jelenségek erőssége is egyre nő, a két időszak átlaga között 40%-os emelkedés tapasztalható, amelynek fő okozója a hőmérséklet szembetűnő emelkedése. Amennyiben ez a tendencia megmarad, úgy a következő 30 évben a PAI index évi átlaga jellemzően 8 körül fog szóródni. A vizsgált vízgyűjtőn kimutatható

zemlőszuhozott iz padavina 2010. U prvoj polovini 2012 nastavio se dugotrajn suvi period, na području sliva u proseku je za 30%, a mestimično i za 50% bilo manje padavina u odnosu na dugogodišnji prosek. Do avgusta je registrovano u proseku 225 mm padavina (u avgustu je palo samo oko 5 mm padavina!), iako je za dugogodišnji prosek karakteristično oko 380 mm. Čitav sliv je bio suv, ali okolina Kečkemeta je bila naročito suva. Izuzetnu sušu je dodatno povećala ekstremno visoka temperatura julskog i avgustovskog meseca, srednja mesečna temperatura je bila veća od dugogodišnjeg proseka za 3-4°C. Dnevni ekstremi, broj tropskih dana dostigao je 60. Zbog superpozicije ekstremnih meteoroloških elemenata na 80% sliva se pojavila ekstremna i izuzetna suša.

Intenzitet suše u uzastopnim godinama može značajno da se razlikuje, u mnogim slučajevima suše se ne javljaju jedna za drugom. Na osnovu vremenske promene proseka indeksa (Slika 3.5) može se konstatovati, da je intenzitet suše značajno porastao u dva ispitivana perioda. Na



3. 5. ábra A PAI átlagos értéke 15 állomás adatai alapján és a várható változások, valamint a PAI értékek térbeli eloszlása 2012-ben

Slika 3.5 Prosečne vrednosti PAI kod ispitivanih stanica i promene koje se mogu očekivati

Fig. 3.5 Mean PAI values at the studied stations and the expected changes and the spatial distribution of PAI in 2012

változások okai természeti és antropogén eredetűek, ellensúlyozásukra, az aszály károkozásának megelőzésére, enyhítésére integrált beavatkozásokra van szükség, a klímaváltozásból eredő további hatások olyan visszafordíthatatlan folyamatokat indíthatnak el, amelyeknek hatékony kezelhetősége kétséges.

További aszályindexek vizsgálata a mintaterület vajdasági részén

Az aszályos évek a 20. század utolsó két évtizedben kifejezetten jellemezőek voltak Szerbiában is (Spasov et al. 2002, Gocic and Trajkovic 2013). Gocic and Trajkovic (2014) leírása alapján Észak-Szerbiában a csapadékösszegek a szerbiai átlag alattiak. Ezen régió aszályainak elemzéséhez a Vajdaságban 7 hidrometeorológiai állomás és 45 település adatait elemeztük. Az eredmények bemutatása az Újvidéktől 15 km-re fekvő Rimski Sancevi meteorológiai állomás adatait vette alapul, mivel ennek adatai rendkívül hasonlóak a Vajdaságban mért meteorológiai átlagértékekhez.

A vizsgált 88 év folyamán (1924-2012), a kritikus július, augusztus hónapokban mért csapadék azt mutatja, hogy a mind a július,

osnovu slike učestalost sušnih godina i intenzitet pojava se sve više pojačava, između proseka dva perioda može se konstatovati porast od 40%, čiji je glavni uzročnik očigledan porast temperature. Ukoliko ova tendencija ostane, prosečna godišnja vrednost PAI indeksa će se kretati oko 8. Uzroci promena koje se mogu iskazati na ispitivanom slivu su prirodnog i antropogenog porekla, a za njihovu kompenzaciju, za prevenciju nastanka štete, potrebne su integrisane intervencije sa zajedničkim ciljem ublažavanja, a dalji uticaji koji potiču od klimatskih promena mogu pokrenuti takve nepovratne procese, gde su mogućnosti efektivnog kontrolisanja neizvesne.

Dalja istraživanja indeksa suše na vojvođanskom delu istraživanog područja

Sušne godine su bile takođe i u Srbiji naročito česte u poslednje dve decenije 20 veka (Spasov et al. 2002, Gocic i Trajkovic 2013). Gocic i Trajkovic (2014) su označili severnu Srbiju kao region sa vrednostima

3.1. táblázat Aszályos időszakok aránya Vajdaságban július és augusztus hónapokban (HMS Újvidék), 1924-2012
Tabela 3.1 Procenat sušnih perioda za ukupne vrednosti količine padavina u Julu i Avgustu u Vojvodini (HMS Novi Sad), od 1924 do 2012
Table 3.1 Percentage of the arid periods for all precipitation amounts in July and August, in Vojvodina (HMS Novi Sad), from 1924 to 2012

csapadék padavina precipitation (mm)	július/ Jul /July		augusztus/ Avgust /August		az aszály mértéke kategorija prema stepenu suše degree of the drought
	évek száma Br. godina Nr of years	%	évek száma Br. godina Nr of years	%	
0-25	13	14.6	21	23.6	rendkívül aszályos/ Ekstremno sušna /extremely drought
26-50	33	37.1	24	27.0	nagyon aszályos/ Vrlo sušna/ very drought
51-75	19	21.4	19	21.3	aszályos/ Sušna / drought
75-100	10	11.2	11	12.4	mérsékeltlen aszályos/ Umereno sušna /moderately drought
	75	84.3	75	84.3	aszályos évek összesen/ ukupno sušno /total drought
101-125	7	7.9	10	11.2	mérsékeltlen csapadékos Umerene kišne padavine moderately rainy
>126	7	7.9	4	4.5	esős/ kišovito/pluvial
összesen ukupno total	89	100	89	100	

3.2. táblázat Az elérhető nedvesség mértékét mutató MAI index a Vajdaságban
Tabela 3.2 Indeks dostupnosti vlage (Moisture Availability index - MAI) u Vojvodini
Table 3.2 Moisture Availability index (MAI) in Vojvodina

Parameter	hónapok/ Meseci /Months				
	V	VI	VII	VIII	IX
P (mm)	46	68	50	40	32
ETP (mm)	77	118	139	130	61
MAI	0.60	0.58	0.36	0.31	0.52

3.3. táblázat Általános potenciális evapotranspiráció (ETo) és a csapadék előfordulásának 75%-os valószínűsége és az elérhető nedvesség mértékét mutató MAI index

Tabela 3.3 Opšta potencijalna evapotranspiracija (ETo) i padavine sa osiguranom verovatnoćom od 75 i indeks dostupnosti vlage (MAI)

Table 3.3 Potential evapotranspiration (ETo), and precipitation with probability of 75% and moisture availability index (MAI)

Hónapok/ Mesec /Months		VI	VII	VIII	VI-VIII
ETo		100	100-120	100-120	300-340
P (mm)	Subotica/Szabadka	52	44	44	140
	Novi Sad/Újvidék	70	44	39	165
	Sremska Mitrovica/ Száva-szentdemeter	70	44	32	174
MAI	Subotica/Szabadka	0.52	0.44-0.37	0.44-0.37	0.46-0.41
	Novi Sad/Újvidék	0.70	0.44-0.37	0.39-0.32	0.55-0.48
	Sremska Mitrovica/ Száva-szentdemeter	0.70	0.44-0.37	0.32-0.26	0.58-0.51

mind az augusztus hónapok 84,27 %-a volt aszályos. A csapadék mennyisége, mely a június-augusztus időszakban átlagosan 100 mm feletti volt, nyilvánvalóan nem bizonyult elegendőnek, hogy a mezőgazdasági növények vízigényét kielégítse (3.1. táblázat). Az elérhető nedvesség mértékét mutató MAI index (Moisture Availability Index) értékei ugyan régióként eltérő adatokat mutattak, de mindenütt alacsonyak voltak, különösen augusztus hónapban (3.2. táblázat és 3.3. táblázat). Azokat a régiókat, ahol a MAI index 0,33 alatti értéket mutatott, nagyon vízhiányosnak nevezhetjük, a 0,34-0,66 közötti érték közepesen vízhiányos, 0,67-1,00 kissé vízhiányos, 1,0-1,33 megfelelően nedves, míg 1,34 fölött túlságosan nedves területre utal. Az elemzés szerint az éghajlati körülmények a Vajdaságban félszáraznak (szemi-arid) vagy félig nedvesnek (szemihumid) tekinthetők.

A növények megfelelő növekedéséhez szükséges vízmennyiséget a Hardgrave modell alapján vizsgáltuk az 1924-2003 közötti időszakban. A modell alapja a 75%-os előfordulási valószínűségű csapadék (P) és potenciális evapotranspirációt (ETo). Az elemzések alapján a Vajdaság területe, különösen a nyári hónapokban szemi aridnak tekinthető, a ren-

padavina ispod proseka za Srbiju. Da bi se procenila suša u ovom regionu, izvršena je analiza podataka sa 7 hidrometeoroloških stanica i 45 opština u Vojvodini. Predstavljanje ovih podataka je urađeno na osnovu meteorološke stanice Rimski Šančevi, koja se nalazi 15 km severno od Novog Sada, pošto su statistički podaci sa ove stanice izuzetno slični prosečnim vrednostima širom Vojvodine. Merenja padavina tokom kritičnih meseci kao što su jul i avgust za period od 88 godina (1924-2012) pokazuju da je u 84,27% ovih godina jul, a u 84,27% avgust bio sušan. Količina padavina očigledno nije bila dovoljna da zadovolji zahteve useva za vodom, koja je bila iznad 100 mm (Tabela 3.1). Vrednosti MAI indeksa su vrlo niske, naročito u avgustu (Tabela 3.2) i one se razlikuju po regionima (Tabela 3.3). Prema analizi klimatski uslovi u Vojvodini su semi-aridni i semi-humidni.

Period 1924-2003 je analiziran u smislu dovoljne količine vode, određene prema padavinama koje su potrebne za redovan rast useva u skladu sa Hargrivosvim modelom i indeksom. Područja gde je MAI indeks ispod 0,33 su sušna, 0,34-0,66 semi-

delkezésre álló vízmennyiség nem elegendő a szántóföldi növények megfelelő növekedéséhez, ezért az öntözésnek nagy jelentősége van a régióban.

3.2 A vízháziány hatása a mezőgazdasági termelésre

Szilassi Péter, Fiala Károly, Ladányi Zsuzsanna, Blanka Viktória

Bevezetés

A mezőgazdaság rohamos technológiai fejlődése ellenére (pl. öntözőrendszerek, új vetőmagok, génmódosítás) a termésmennyiségeket még mindig jelentősen befolyásolják a környezeti tényezők, mint a klíma, az ökológia és a talaj tulajdonságok. A klímaváltozás következményei különbözőképpen jelennek meg a világ minden táján, ezért külön érdemes a lokális viszonyokat értékelő vizsgálatokat tenni.

Hosszú távon a klímaváltozás több módon tudja befolyásolni a mezőgazdasági termelést. Az aszályos periódusok hatással vannak a termés mennyiségére és minőségére, a vízháztartás megváltozásán keresztül az agrotechnikák alkalmazására (pl. öntözés, vegyszerigény), befolyásolják a fajtaválasztást, talajminőséget és talajeróziót, valamint nem utolsósorban az élővilágot. Az élelmiszerbiztonság fenntartása a változó körülmények között a jövő fontos kulcskérdése, tehát az érintettség és az aszályveszélyes területek azonosítása, valamint a hatékony alkalmazkodás lépéseinek feltárása döntő fontosságú.

Terméskiesés

Magyarországon a Központi Statisztikai Hivatal 2000 óta minden megyére közzéteszi a legfontosabb szántóföldi növények terméseredményeit. A legelterjedtebb szántóföldi növények,

aridna, 0,67-0,99 semi-humidna, 1,0-1,33 humidna i iznad 1,34 vrlo vlažna. Za vreme leta, područje Vojvodine ima odlike semi aridne i aridne klime.

3.2. Efekti nestašice vode na poljoprivrednu proizvodnju

Szilassi Péter, Fiala Károly, Ladányi Zsuzsanna, Blanka Viktória

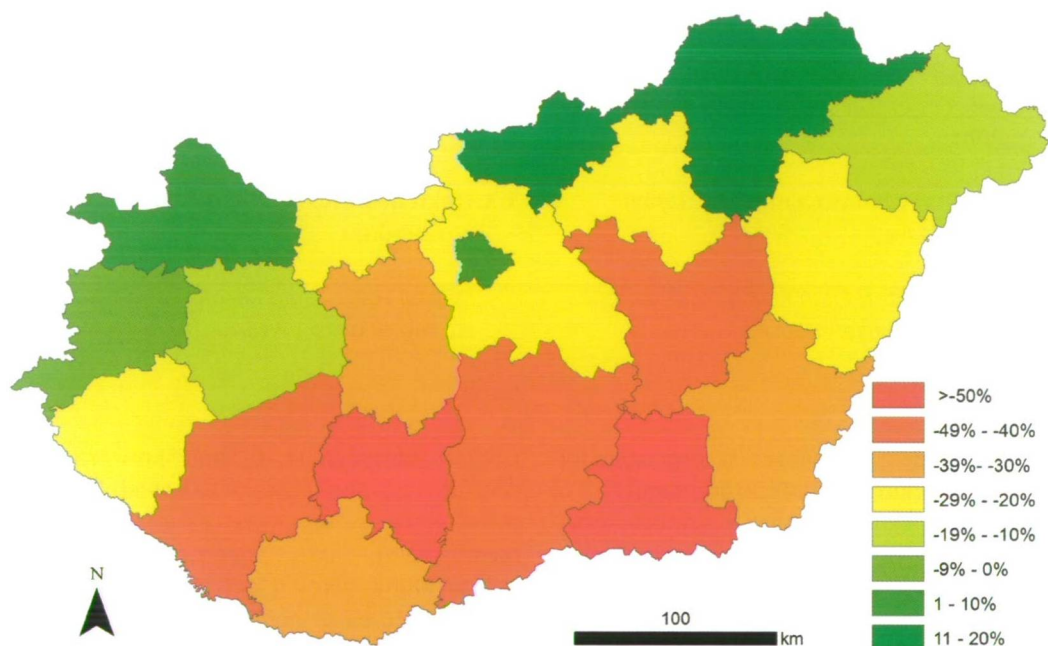
Uvod

Uprkos intenzivnom tehnološkom razvoju poljoprivrede (npr. sistemi za navodnjavanje, nove vrste semena za zasad, genetske modifikacije), faktori životne sredine kao što su klima, ekologija i zemljište i dalje znatno utiču na prinos. Posledice klimatskih promena manifestuju se na različite načine širom sveta, te je stoga od velikog značaja procena uslova na lokalnom nivou.

Klimatske promene mogu ostaviti dugoročne posledice na poljoprivrednu proizvodnju. Sušni periodi utiču na prinos i kvalitet useva, kao i na primenu agro-tehnike u smislu promene vodnog bilansa (npr. navodnjavanje, hemijske potrebe). Osim toga, izbor vrsta useva, kvalitet zemljišta, erozija zemljišta i na kraju, ali ne manje bitno, flora i fauna su takođe pogođene sušom. Raspoloživost prehrambenih resursa pri promenljivim okolnostima predstavlja glavni problem budućnosti, zbog čega je identifikacija područja pogođenih sušom kao i utvrđivanje načina efikasne adaptacije od ključnog značaja.

Gubitak prinosa

Mađarski centralni zavod za statistiku publikovao je podatke o prinosima glavnih ratarskih kultura na području svih mađarskih okruga počevši od 2002.



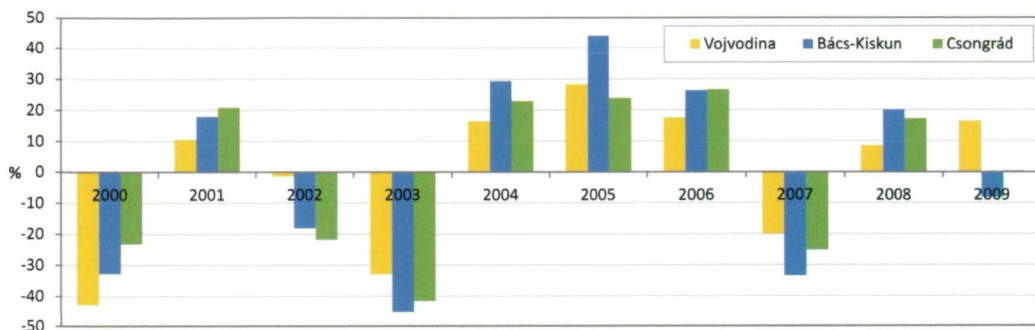
3.6. ábra 2012 évi aszály hatása a magyarországi megyék kukorica terméseredményeire
(a 2000-2012 közötti évek átlagához képest)

Slika 3.6 Uticaj suše na prinos useva kukuruza u okruzima Mađarske
(u odnosu na srednje vrednosti za period 2000-2012. godine)

Fig. 3.6 Impact of drought in 2012 on the maize crop yield in the Hungarian counties
(with reference to the mean value for 2000-2012)

a búza és a kukorica 2000-2012 évek közötti megyénkénti terméseredményeiben 2000, 2002, 2003, 2007, 2009, és 2012 esetében tapasztalhatunk átlag alatti a terméseredményeket és a kukorica termésmennyisége mutat nagyobb eltéréseket. A 2012-es aszály alkalmával volt a legnagyobb a kukorica termésátlagának csökkenése (3.6. ábra). Csongrád megyében 50% felett, míg Bács-Kiskun megyében 44%-al csökkent a kukorica termésmennyisége a sokévi átlaghoz képest. A magyarországi megyék közül volt olyan, mely ugyan ebben az évben a sokévi átlag feletti kukorica terméseredményeket takaríthattak be a gazdák. A 3.6. ábrán bemutatott 2012-es terméseredmény térképen megfigyelhető, hogy a déli megyékben volt tapasztalható a legjelentősebb csökkenés, mely területek ösz-

godine. Prema podacima o prinosu kukuruza i pšenice, najzastupljenijim ratarskim kulturama, prinosi tokom 2000, 2002, 2003, 2007, 2009. i 2012. godine bili su ispod proseka za period 2000-2012. godine, pri čemu su najveća odstupanja uočena u prinosu kukuruza. Najveći pad prosečnog prinosa useva zabeležen je tokom suše 2012. godine (Slika 3.6). U Csongrád okrugu zabeležen je pad od 50%, dok je u Bács-Kiskun okrugu prinos useva opao za 44% u odnosu na dugoročni prosek. Međutim, u nekim okruzima, tokom iste godine, prinos kukuruza premašio je vrednost dugoročnog proseka. Mapa prinosa useva za 2012. godinu prikazana na slici 3.6 pokazuje da je najveći pad prinosa zabeležen u južnim okruzima



3.7. ábra. A kukorica termésmennyiségének változása a mintaterületen 2000 és 2009 között a sokéves átlaghoz képest
 Slika 3.7 Promene prinosa kukuruza na posmatranom području u odnosu na višegodišnji prosek za period 2000-2009. godine
 Fig. 3.7 Changes of maize yield in the study area compared to the multiyear average between 2000-2009

szefednek a Pálfi-féle aszályossági térkép fokozott veszélynek kitett térféltjaival.

A Vajdaságban 2012-ben a dél-magyarországi megyékhez hasonló szintén jelentős terméskiesést volt tapasztalható (Mészáros et al. 2013). 2011-hez képest 2012-ben 50%-os csökkenés volt a kukorica termésátlagaiban, de a kevésbé érzékenyebb takarmánynövények is csökkent termésmennyiséget mutattak (búza: 8%, cukorrépa: 30%, napraforgó: 11%, szója: 35%, bugonya: 30%, bab: 40%, lóhere: 30%, dohány: 25%).

A kukorica, mint a legaszályérzékenyebb növény termésmennyiségében bekövetkezett változásait mutatja a 3.7. ábra. A legjelentősebb csökkenések 2000, 2003 és 2007 évben következtek be, míg a legjobb terméseredmények 2004, 2005 és 2006-ban voltak tapasztalhatóak 2000 és 2009 között. A Vajdaság terméskiesése 2000-ben volt a legjelentősebb, jóval meghaladva a dél-magyarországi megyékben tapasztalt eltéréseket. A többi erősen aszályos évben (2003, 2007) viszont Bács-Kiskun megye szenvedte el a legnagyobb károkat, köszönhetően jellemző homoktalajainak (Csongrád megye és a Vajdaság csernozjom, réti és öntés talajainak jobb víztartó képessége miatt). A legnagyobb változások mind pozitív és negatív irányban szintén Bács-Kiskun megye esetében tapasztalhatóak.

koji prema Pálfi mapi suša predstavljaju područje najizloženije riziku suše.

Zabeleženi gubitak prinosa u Vojvodini tokom 2012. godine, približan je onom u južno-mađarskim okruzima. Prinos kukuruza tokom 2012. godine smanjen je 50% u odnosu na 2011. godinu, pored toga primećeno je i smanjenje prinosa manje osetljivih žitarica (pšenica: 8%, šećerna repa: 30%, suncokret: 11%, soja: 35%, krompir: 30%, pasulj: 40%, detelina: 30%, duvan: 25%).

Slika 3.7 prikazuje promene prinosa kukuruza, kao i drugih biljaka osteljivih na sušu, u region (Mészáros et al. 2013). Najveći pad prinosa zabeležen je 2002, 2003. i 2007. godine, dok su najveći prinosi ostvareni tokom 2004, 2005. i 2006. godine, za posmatrani period 2000-2009. godine. Zabeleženi gubitak prinosa u Vojvodini tokom 2000. godine, prevazilazi gubitke zabeležene na području južno-mađarskih okruga. Bács-Kiskun okrug pretrpeo je najveću štetu tokom drugih godina koje su bile snažno pogođene sušom (2003, 2007), što je posledica zastupljenosti peskovitog zemljišta koje je karakteristično za ovu oblast (černoziem, livade i aluvijalne ravni - zemljišta tipična za Csongrád okrug i Vojvodinu poseduju bolju sposobnost zadržavanja vode). Najveće promene, kako pozitivne tako i negativne, zabeležene su u Bács-Kiskun okrugu.

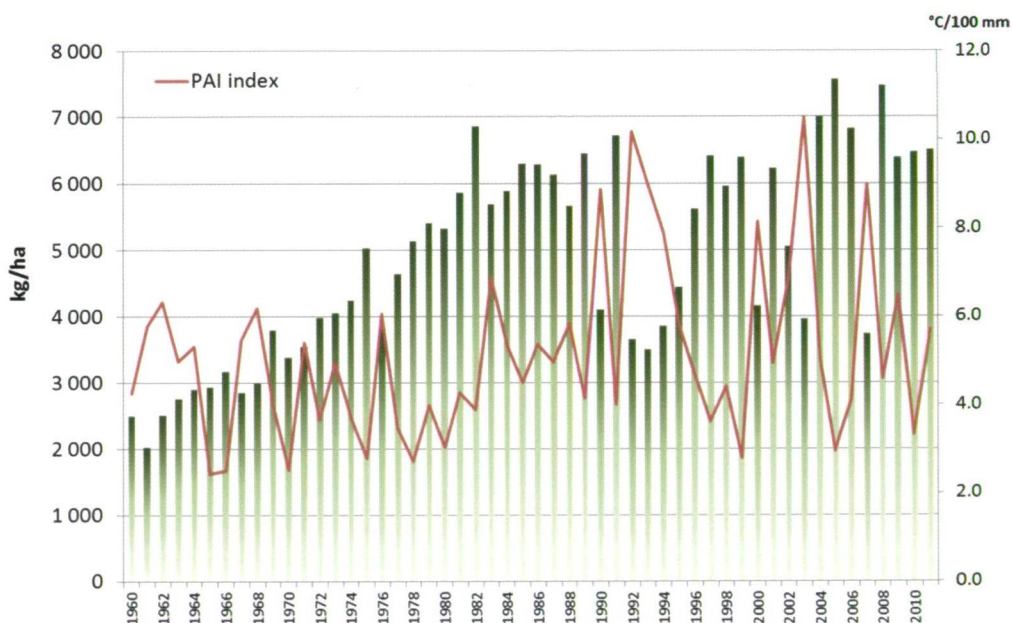
A terméskiesésből származó károk

Az aszály által okozott kár jól kimutatható a mezőgazdasági termékkiesés mértékének kiszámításával, hiszen ez az ágazat érzi meg leginkább és legkorábban a jelenség hatását. A klimatikus viszonyok mellett az okozott kár mértékét a termesztett kultúra tűrőképessége, a termőterület talajának vízháztartási tulajdonságai és az esetleges öntözés számottevően befolyásolja. Leginkább érzékenyek a pillangós növények, zöldségfélék, majd a gabonafélék.

Az 1990. évi aszály során keletkezett károkat Magyarországon 50 Mrd forint, az 1992. évi aszály idején keletkezett károkat 30 Mrd forint, az 1993. évi rendkívüli aszály - hozzávetőleges becslés szerint – által okozott kárt 50 Mrd forint, a 2003. évi aszály által okozott kárt 40 Mrd forint, míg a 2000. évi aszály 18 Mrd Ft-ra becsülték a szakértők, végül a 2012. évi aszály által okozott terméskiesésből eredő kár elérte a 400 Mrd Ft-ot (Fiala 2013). Azt azonban ki kell hangsúlyozni, hogy a korábbi károk reálértéke mára megváltozott. Mivel az aszály megjelenésében a területi eltérések számottevőek, így az okozott károk is egyenlőtlenül oszlanak el. Az aszály egyre fokozódó károkozását a 3.8. ábra szemlélteti, amely tanulsága szerint a '90-es éveket követően egyre gyakrabban előforduló aszályok hatására a terméskiesés több évben elérte az 50 %-ot! Szerbiára vonatkozó adatok szerint 2007-ben az aszály okozta terméskiesésből származó kár 600 millió EUR volt (Popov és Frank 2013), és 2012-ben ez az összeg elérte a 2000 millió EUR-t (Mészáros et al. 2013). Az aszály hatása az erdőgazdálkodásban is jelentős károkat okozott. Szerbiában a Tara Nemzeti Parkban kb. 25000 károsodott fát kellett kivágni kiszáradás miatt, valamint erdőtüzek károsítottak 2012-ben 10000 ha erdőt (több mint 10 nagy tüzeset volt, a legna-

Gubítak prinosa uzrokovan sušom

Štete prouzrokovane sušom mogu se iskazati stopom gubitka poljoprivrednog prinosa, jer upravo ona najbolje i u najranijoj fazi ukazuje na pojavu suše. U takvim klimatskim uslovima šteta je određena, tolerancijom izraslih biljaka, vlažnošću zemljišta kao i mogućnostima navodnjavanja. Kao najosetljivije biljne kulture ističu se detelina, povrće i žitarice. Šteta nastala tokom suše u Mađarskoj 1990. godine procenjena je na 50 milijardi forinti, tokom 1992. godine na oko 30 milijardi forinti, a usled ekstremnih suša 1993. godine -zasnovano na približnoj proceni- 50 milijardi forinti. Šteta nastala tokom suše 2003. godine procenjena je na 40 milijardi forinti. Prema stručnim procenama usled suše koja je nastupila 2000. godine evidentirana je šteta u iznosu od 18 milijardi forinti, dok je 2007. godine ona iznosila 25 milijardi forinti. Vrednost izgubljenog prinosa tokom suše 2012. godine dostigla je 40 milijardi forinti (Fiala 2013). Međutim, potrebno je naglasiti da je stvarna vrednost prethodno prikazanih gubitaka danas promenjena. Neravnomerna distribucija štete rezultat je značajne prostorne devijacije rasprostiranja suše. Učestale suše u periodu nakon 1990. godine rezultirale su gubitakom prinosa i do 50% tokom par godina, što je predstavljeno na slici 3.8. Štete nastale po osnovu gubitka prinosa u Srbiji tokom 2007. godine dostigle su 600 miliona eura (Popov i Frank 2013), dok je tokom 2012. godine prijavljena šteta u iznosu od 2 miliona eura (Mészáros et al. 2013). Suša je takođe uzrokovala štetu i u šumarstvu. U Nacionalnom parku Tara, u Srbiji, posečeno je 2500 stabala usled desikacije. Tokom 2012. godine šumski požari uništili su 10000 ha šume (zabeleženo je više od 10 velikih požara pri čemu je



3.8. ábra Az aszályindex (PAI) évi értékeinek és a kukorica éves termésátlagainak alakulása 1961-2012 között
Slika 3.8 Godišnje vrednosti indeksa suše (PAI) i godišnji prosek prinosa kukuruza za period 1961-2012 godine
Fig. 3.8 The Aridity Index (PAI) annual values and the annual average maize yield for 1961-2012

gyobb a Tara NP-ban, ahol 300 ha fenyőerdő károsodott) (Mészáros et al. 2013).

Magyarországon a Duna-Tisza közén, figyelembe véve, hogy a talajvízszint lényegesen mélyebbre került, a vízhiány okozta termés kiesésből eredő károk nagysága a Tisza jobb parti vízgyűjtőjének Dél-Alföldi szakaszán (mintegy 5000 km²) átlagosan 11 Mrd Ft-ot tesz ki. A vízgyűjtő területen több esetben és helyszínen végeztek a termés kiesést, hozamcsökkenést feltáró vizsgálatokat, Kecskemét, Kiskőrös, Tiszaalpár, Csongrád és Szeged mintaterületeken, az egyes ágazatcsoportokhoz, művelési ágakhoz tartozó hozamkiesések kerültek meghatározásra (3.4. táblázat). Az adatok alapján jól látható, hogy minden kultúrnövényt érint a vízhiány, a termés kiesés pénzületi értéke ott igen magas, ahol a hozzáadott munka is számottevő, így különösen nagy az adott ágazat vesztesége. A vizsgálati terület

najveći uništio 300 ha borove šume u Nacionalnom parku Tara) (Mészáros et al. 2013).

Obzirom da je nivo podzemnih voda znatno opao na području sliva Dunav-Tisa u Mađarskoj, šteta uzrokovana gubitkom prinosa usled nestašice vode na području velike nizije (skoro 5000 km²) sa desne strane donje Tise, dostigla je u proseku 11 milijardi forinti. Na različitim lokacijama sliva sprovedene su studije kako bi bio ustanovljen gubitak i pad prinosa. Na posmatranom području Kecskemét, Kiskőrös, Tiszaalpár, Csongrád i Szeged, gubitak prinosa vezan za određeno područje definisan je u odnosu na različite sektore kultivacije (Tabela 3.4). Podaci jasno prikazuju da nestašica vode ima uticaja na sve biljne kulture. Finansijski gubitak usled izgubljenog prinosa je vrlo visok, a kada se doda i cena rada posledice

3.4. táblázat. A négy mintaterület hozamkieséseinek összefoglaló adata

Tabela 3.4 Ukupni gubici prinosa za posmatrane oblasti

Table 3.4 Summary data of the yield loss for the four study areas

	Kecskemét	Kiskőrös	Tiszaalpár	Csongrád	Szeged	
Terület nagysága Površina Area [ha]	123 768	97 592	49 752	18 701	106 197	
Aranykorona érték Vrednost izražena u zlatu Gold crown value	11.4	8.5	19.7	17.7	9.1	
Kultúrák Biljke Plants	Hozamkiesés/ Gubitak prinosa/Yield loss (t/ha)					Hozamkiesés Gubitak prinosa Yield loss [1000 HUF/ha]
Kalászos gabona Žita Cereals	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	20000
Kukorica Kukuruz Maize	0.9	0.9	0.8	0.8	1.0	70000
Burgonya Krompir Potato	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	240000
Zöldség Povrće Vegetables	2.5	2.5	2.0	2.0	2.2	360000
Gyep Trava Pasture	1.5	1.5	1.3	1.4	1.2	6000
Gyümölcs Voće Fruit	3.3	3.4	3.5	-	3.8	5000000

sajátossága, hogy a zöldség-, gyümölcsstermesztésnek komoly hagyományai vannak, így a vízhiány, aszály jelensége különösen érzékennyé teszi. Mindezek mellett fontos megemlíteni, hogy a leginkább érintett ágazatok a kisgazdaságokhoz köthetők, amelyek pénzügyi stabilitása lényegesen rosszabb, mint a nagygazdaságoké, ahol zömében a szántóföldi gabonatermesztés jellemző. Ebből következik, hogy a kár ugyan számszerűsíthető, de hosszú távú hatása a gazdálkodási hajlamra sokkal súlyosabb, így a feltételeket mindenképpen javítani szükséges.

u datom sektoru postaju još ozbiljne. Posebna odlika posmatranog područja jeste tradicija uzgajanja povrća i voća što je čini osjetljivom na deficit vode i sušu. Takođe je važno napomenuti da su uglavnom pogođeni sektori malih proizvođača, čija je finansijska stabilnost mnogo lošija od velikih poljoprivrednih gazdinstava, gde je proizvodnja žitarica tipična. Shodno tome, šteta se može izraziti brojčano, ali su drugoročne posledice na poljoprivrednike mnogo ozbiljnije; stoga je neophodno poboljšati uslove.

3.3 Az aszály és a biomassa produkció kapcsolata

Ladányi Zsuzsanna, Blanka Viktória

Bevezetés

Az elmúlt évtizedekben előforduló egyre gyakoribb és súlyosabb aszályok a Kárpát-medencében jelentős ökológiai és mezőgazdasági károkat is okoztak a vegetáció számára. Például a tájban sok helyen megfigyelték a biodiverzitás és a vizes élőhelyek csökkenését, az élőhelyek átalakulását, valamint a mezőgazdaság komoly termés kiesésekkel nézett szembe az aszályos években. A környezeti változások befolyásolják a vegetáció fenológiáját, térbeli mintázatot és eloszlását is. A vegetáció távérzékelési módszerekkel való megfigyelése jelentősen felgyorsította a térbeli információnyerést, léptéke regionális és globális léptékű vizsgálatokra is lehetőséget ad, valamint segítségükkel olyan területek is megfigyelhetők, amelyeket hagyományos vizsgálati módszerekkel veszélyességük vagy megközelíthetlenségük miatt tanulmányozni nem lehetett (Ladányi és Kovács 2009). Jelentős előnye lehet ennek a vizsgálati módszereknek továbbá, hogy általuk nagyobb időbeli felbontás érhető el, és a valós idejű adatok gyors feldolgozása lehetővé teszi monitoring és korai figyelmeztetőrendszerek működését is. Az aszály kialakulására távérzékelés segítségével a vegetáció intenzitásában bekövetkezett változásokból lehet következtetni.

Az aszály megfigyelése a vegetáció nagy időfelbontású adatsorait igényli. A vegetációs indexek a leggyakoribb távérzékelési adatok, melyekből a vegetáció borítására, állapotára, biofizikai folyamataira és változásaira lehet következtetni. Már több, mint két évtizede állnak rendelkezésre ilyen adatok, melyek egyre jobb felbontásban érhetőek el, valamint egységes számítási módszerük és léptékükből

3.3. Povezanost suše i produkcije biomase

Ladányi Zsuzsanna, Blanka Viktória

Uvod

Sve učestalije i intenzivnije suše u Panonskoj niziji u proteklih decenijama prouzrokovale su značajne ekološke i poljoprivredne štete na vegetaciji. Na primer, u regionu je na mnogim mestima zapaženo smanjenje biodiverziteta i vlažnih staništa, transformacija staništa kao i suočavanje poljoprivrede sa ozbiljnim gubitkom roda u sušnim godinama. Promene životne sredine utiču na fenologiju vegetacije, kao i prostorni obrazac i raspodelu. Monitoring vegetacije pomoću metoda daljinske detekcije značajno je ubrzao dobijanje prostornih informacija, a razmere daju mogućnost i za regionalne i globalne analize, te se pomoću njih mogu posmatrati i područja, koja se zbog ugroženosti ili nepristupačnosti klasičnim metodama nisu mogla proučavati (Ladányi i Kovács 2009). Još jedna značajna prednost ovih metoda osmatranja može biti da se pomoću njih može dostići veća vremenska rezolucija, a brza obrada podataka u realnom vremenu omogućava funkcionisanje sistema monitoringa i ranog upozoravanja. Pojava suše se može registrovati pomoću daljinske detekcije promena nastalih na intenzitetu vegetacije. Posmatranje suše zahteva niz podataka o vegetaciji sa velikom vremenskom rezolucijom. Vegetacioni indeksi su najčešći daljinski očitani podaci, iz kojih se mogu dobiti informacije o vegetacionom prekrivaču, stanju, biofizičkim procesima i promenama. Ovakvi podaci stoje na raspolaganju već više od dve decenije, i oni su dostupni u sve većoj vremenskoj rezoluciji, te zbog jedinstvenog sistema proračuna i razmere daju mogućnost i za prekogranične analize.

Vegetacioni indeksi MODIS se često koriste u brojnim istraživanjima u prirodnim

kifolyólag határon átnyúló elemzésekre is lehetőséget nyújtanak.

A MODIS vegetációs indexeit előszeretettel használják számos természettudományos kutatáshoz (pl. sivatagodás, erdőtűz, ökoszisztéma fejlődés, invazív fajok terjedése, terméshozam), mert akár napi adatok is elérhetőek akár 250 m-es pontossággal, és ezáltal regionális változások könnyen értékelhetőek. A napi adatokból kompozit képeket készítenek, hogy elkerüljék a felhőborítottságból adódó hibás adatokat.

A kutatás során a Terra Műhold MODIS szenzorjának EVI vegetációs indexe segítségével vizsgáltuk a mintaterületen (Dél-Magyarország és Vajdaság) a vegetáció intenzitását mutató biomassa produkciós index segítségével 2000 és 2013 között. Az aszály mértékét és mintázatát a Pálfai-féle aszályossági index (PaDI) segítségével értékeltük (Pálfai és Herceg 2011). Az aszályos évek és a jelentős zöld biomassa produkció csökkenést mutató területek közötti összefüggést is értékeltük, mellyel a régió aszályérzékenysége kívántuk felhívni a figyelmet.

Módszerek

A biomassa produkciós index segítségével számítottuk MODIS EVI 16-napos kompozit képek segítségével (Huete 2002). A biomassa produkciós indexet (Ladányi et al. 2011) a vegetációs periódusra számítottuk (áprilistól szeptemberig) minden évben, és az átlagtól való eltérését értékeltük. A biomassa produkció anomáliáját a következőképpen számoltuk:

$$BP_{anomaly} = (X_t - X_{mean}) / \sigma$$

ahol: X_t : éves biomassa produkció index

X_{mean} : biomassa produkció index 2000-2013 közötti átlaga

σ : szórás

A biomassa produkció anomáliáját az egyes években a vizsgált régió felszínborítási

naukama (npr. dezertifikacija, šumski požari, razvoj ekosistema, proširenje invazivnih vrsta, prinos), pošto se mogu dobiti i dnevni podaci, sa preciznošću već od 250 m, regionalne promene se lako mogu proceniti. Od dnevnih podataka prave se kompozitne slike, da bi se izbegli pogrešni podaci koji se javljaju zbog oblačnosti.

Tokom istraživanja proučavali smo na istraživanom području južne Mađarske i Vojvodine za period između 2000 i 2013 produkcijski indeks biomase koji pokazuje vegetacioni intenzitet pomoću EVI vegetacionog indeksa (Huete 2002) MODIS senzora sa Terra satelita. Razmere suše i prostorne obrasce procenili smo pomoću Pálfai indeksa suše (PaDI) (Pálfai i Herceg 2011). Procenili smo i korelaciju između sušnih godina i prostora koji pokazuju značajan pad produkcije biomase, čime smo želeli da skrenemo pažnju na ugroženost regiona sušama.

Metodi

Pomoću produkcionog indeksa biomase smo računali MODIS EVI 16 na osnovu kompozitnih slika (Huete 2002). Produkcijski indeks biomase (Ladányi et al. 2011) smo računali za vegetacioni period (od aprila do septembra) svake godine, i procenjivali smo odstupanje od prosečne vrednosti. Anomaliju produkcije biomase smo računali na sledeći način:

$$BP_{anomaly} = (X_t - X_{mean}) / \sigma$$

gde je: X_t : godišnji indeks produkcije biomase

X_{mean} : prosečna vrednost produkcionog indeksa biomase između 2000-2013

σ : disperzija

Anomalije produkcije biomase u pojedinim godinama smo okarakterisali na osnovu kategorija zemljišnog pokrivača (Corine 2000). Povezanost suše i produkcije

kategoríái (Corine 2000) alapján jellemeztük. Az aszály és a biomassza produkció kapcsolatát néhány év példáján a mezőgazdasági területekre értékeltük. A klímaváltozást a biodiverzitás mintázatának fő befolyásoló tényezői közé sorolják a jövőben. A Kárpát-medencében az éghajlati szélsőségek növekedését prediktálják a következő évszázadra, ezért kiemelten fontos, hogy a jelenleg a tájban zajló folyamatok térbeliségét és időbeliségét monitorozzuk, az aszály kialakulását és hatását megfigyeljük.

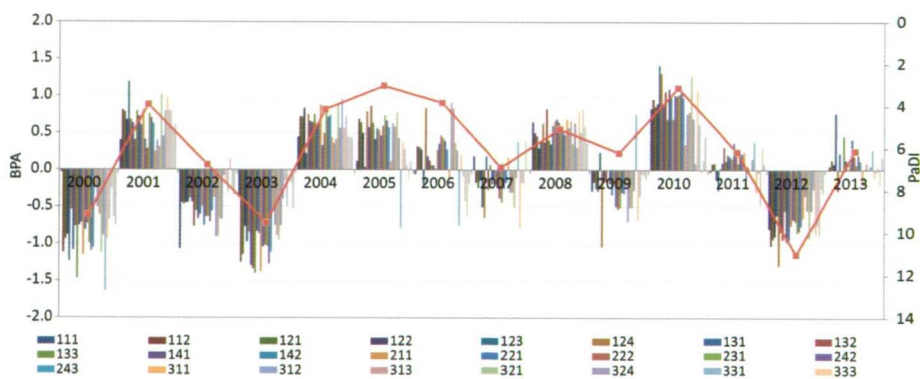
Eredmények

A mintaterület vegetációja az elmúlt 14 évből 4 esetben (2000, 2002, 2003, 2012) egyértelműen jelentős negatív biomassza produkció anomáliát mutat az időszak (2000-2013) átlagához képest (3.9. ábra). Ezek az évek a Pálfi-féle aszályossági index (PaDI) szerint erősen aszályos évek voltak. További két évben (2007 és 2009) kismértékű negatív biomassza produkció anomáliát tapasztaltunk, ezek a PaDI index értéke alapján enyhén aszályos évek voltak. A pozitív biomassza produkció anomáliával jellemezhető években az aszályossági index alapján

biomase smo procenjivali na primeru nekoliko godina za poljoprivredne površine. Klimatske promene ubrajaju se u glavne činioce koji će uticati na prostorne obrasce biodiverziteta u budućnosti. U Panonskoj niziji se predviđa porast klimatskih ekstrema u sledećem veku, zbog čega je izuzetno bitno, da se vrši monitoring prostornih i vremenskih aspekata procesa koji se trenutno odvijaju u predelu, i posmatramo pojavu i uticaje suše.

Rezultati

Vegetacija istraživanog područja je od 14 prošlih godina u 4 slučaja (2000, 2002, 2003, 2012) pokazivala izrazito negativnu anomaliju produkcije biomase u odnosu na prosečnu vrednost perioda (2000-2013) (Slika 3.9). Ove godine su prema Palfai indeksu suše (PaDI) bile vrlo sušne. U druge dve godine (2007 i 2009) iskazali smo manju anomaliju produkcije biomase, ove su na osnovu vrednosti PaDI indeksa bile blago sušne godine. U godinama koje se mogu okarakterisati sa pozitivnom anomalijom produkcije biomase na osnovu indeksa suše nije bilo pojave suše ($\text{PaDI} < 6$). Na osnovu analiziranog niza podataka od 14



3.9. ábra A mintaterület biomassza-produkció anomáliája a Corine2000 felszínborítási kategóriák szerint 2000-2013 között
Slika 3.9 Anomalija produkcije biomase na istraživanom području prema kategorijama zemljišnog pokrivača Corine2000 između 2000 i 2013

Fig. 3.9 Biomass production anomaly of the sample area based on Corine2000 Land Cover categories between 2000 and 2013

nem volt jellemző aszály ($\text{PaDI} < 6$). A vizsgált 14 éves adatsor alapján a távérzékeléssel meghatározott biomassa produkció és az aszály erőssége jó kapcsolatot mutat, ugyanis az éves PaDI index értékek és a biomassa produkció anomáliájának átlagai igen jelentős együttfutást mutatnak.

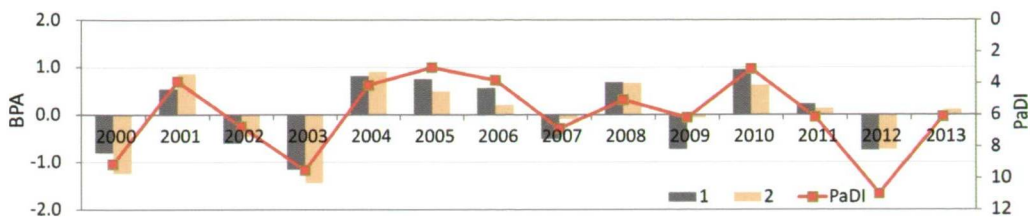
Az időszak legnagyobb aszályainak mindegyike (2000, 2003, 2012) egyértelműen visszatükröződik a biomassa produkció anomália értékeiben, a tapasztalható különbségeket (pl. 2003-ban PaDI-hoz viszonyítva erősebb biomassa produkció anomália) részben az aszályok kialakulásának időszakában és a megelőző időszak hidrológiai viszonyaiban tapasztalható különbségek okozzák. A leginkább aszályos évek közül 2000 tavaszát habár belvíz-elöntések határozták meg (köszönhetően az igen csapadékos 1999-es ősz-télnek), az év többi részében összesen 200-250 mm csapadék hullott a mintaterületen. A 2003-ban tapasztalt jelentős aszálykárokat az is befolyásolta, hogy a területen 2002-t is negatív biomassa anomália és csökkent víztartékok jellemezték, a csapadék pedig jellemzően 300-350 mm között mozgott. A 2012-es átlag 400 mm-es csapadékmennyiség ellenére az évtized legaszályosabb évével nézett szembe a régió.

A vizsgált terület jelentős részét szántóként hasznosítják, mely területeken a természetes növények fajtája évről-évre változott. A növényfajták váltakozása az egyes évek között önmagában is hatással van a számított biomassa produkció anomáliára, azonban az aszályok hatása ennek ellenére is jól kimutatható, a biomassa produkció anomália aszályossági indexszel való együttfutása 100% (3.10. ábra). A szántóterületeken belül is eltérés mutatható ki a homoktalajokon és löszön képződött talajokon található szántók között. A löszön található szántók biomassa-produkciójának anomáliája nagyobb tartományban

godina produkcióját biomassa meghatározása útján a távérzékeléssel a daljinske detekcióját i intenzitétet a suše pokazuje dobru korelaciju, naime godišnje vrednosti PaDI indeksa i prosečne vrednosti anomalije produkcióját biomassa pokazuju vrlo značajnu povezanost.

Svaka od najvećih suša iz perioda (2000, 2003, 2012) se nedvosmisleno odražava u vrednostima anomalije produkcióját biomassa, a primećene razlike (npr. 2003 je u odnosu na PaDI jača anomalija produkcióját biomassa) delom su uzrokovane razlikama u hidrolóškim uslovima u periodima pre i nakon pojave suše. Iako su od najsušnijih godina proleće 2000 godine obeležila plavljenja suvišnim unutrašnjim vodama (zahvaljujući vrlo vlažnoj jeseni i zimi 1999), ali u ostatku godine je u istraživanom području izlučeno ukupno 200-250 mm padavina. Na vrlo izražene štete od suše zabeležene 2003 godine uticalo je i to što je 2002 godinu karakterisala negativna anomalija biomassa i smanjene zalihe vode, a padavine su se kretale između 300-350 mm. Uprkos padavinama od 400 mm, 2012 region je bio suočen sa najvećom sušom u deceniji.

Veliki deo površina na istraživanom području se koristio kao oranice, na kojima su se iz godine u godinu menjale vrste uzgajanih bilja. Promena vrste biljaka između pojedinih godina sama po sebi utiče na izračunatu vrednost anomalije produkcióját biomassa, međutim uticaj suša se i uprkos ovome može dobro iskazati, a korelacija anomalije produkcióját biomassa i indeksa suše je 100% (Slika 3.10). Razlike se mogu iskazati i unutar oranica između obrađenih površina sa peskovitim zemljištem i sa zemljištem formiranim na lesu. Na oranicama na lesu anomalija produkcióját biomassa varira u većem obimu, međutim u slučaju peskovitih oranica već i suše manjeg intenziteta uzrokuju značajniju negativnu anomaliju produkcióját biomassa, što je uzrokovano razlikom u



3.10. ábra. A szántók átlag biomasz-produkció anomáliája a mintaterületen 2000-2013 között
(1: homok talajon; 2: löszön képződött talajokon)

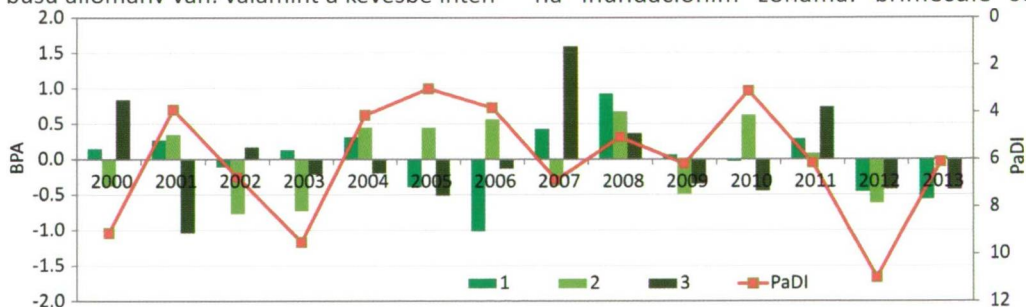
Slika 3.10. Prosečna anomalija produkcije biomase na oranicama na istraživanom području između 2000-2013
(1: na peskovitom zemljištu; 2: na zemljištima formiranim na lesu)

Fig. 3.10. Average biomass production anomaly of arable land in the sample area between 2000 and 2013
(1: sandy soils; 2: soils formed on loess)

ingadozik, azonban a homoki szántós esetében megfigyelhető, hogy már a kisebb erősségű aszályok is jelentősebb negatív biomasz-produkció anomáliát okoznak, melynek oka azok vízháztartásában és termékenységében való különbség.

Az erdőterületek aránya a területen lényegesen kisebb. Erdők főként homoktalajokon találhatók, itt döntően ültetett fenyő és akácerdők jellemzőek, valamint a folyókat övező öntés és réti talajokon található ártéri erdők. A jó termőképességű csernozjom talajokon csak kis foltokban találhatók erdők. Az erdő esetében az anomáliában nincsenek akkora különbségek, mint a szántók esetében, hiszen itt egy termőhelyen évtizedekig egy típusú állománv van, valamint a kevésbé inten-

vodnom bilansu i plodnosti. Udeo šumskih područja na istraživanom području je značajno manji. Šume se pretežno mogu naći na peskovitom zemljištu, gde su tipični zasadi četinarskih i bagremovih šuma, kao i plavljenе šume koje se nalaze u plavljenim i ritskim zemljištima oko reka. Na plodnim černozemnim zemljištima samo se u manjim tačkama mogu naći šume. U slučaju šuma u anomalijama se ne javljaju tako velike razlike kao kod oranica, jer se ovde na jednom staništu više decenija nalazi isti zasad, kao i zbog manje intenzivnog načina uzgoja pozitivni i negativni uticaji nisu tako jaki (Slika 3.11). Ako se odvoje šume koje se nalaze na peščari od šuma na inundacionim zonama, primećuje se



3.11. ábra Az erdők biomasz-produkció anomáliája a mintaterületen 2000-2013 között
(1: ártéri erdők; 2: hátsági erdők; 3: Fruška Gora)

Slika 3.11 Anomalija produkcije biomase šuma na istraživanom području između 2000 i 2013
(1: šume u inundacionoj zoni; 2: šume na zaravni i peščari; 3: Fruška gora)

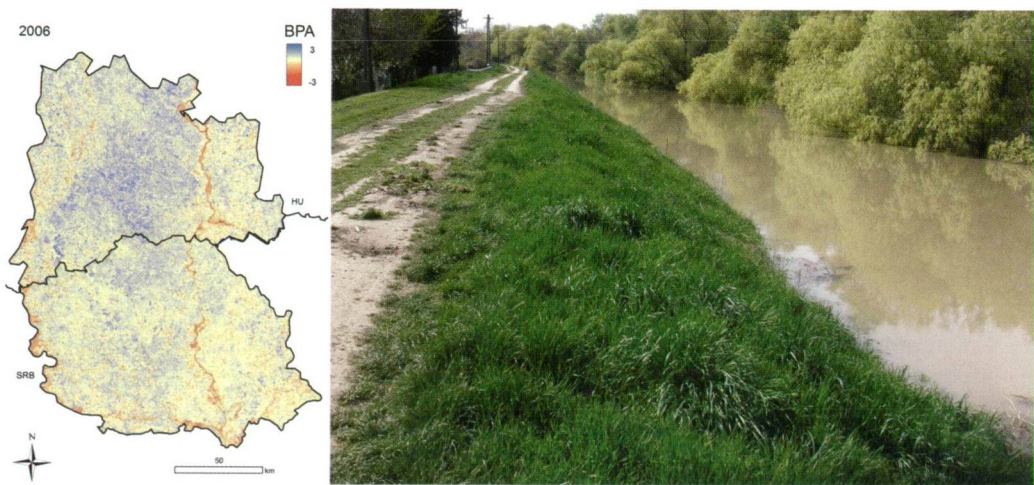
Fig. 3.11 Biomass production anomaly of forests in the sample area between 2000 and 2013
(1: alluvial forests; 2: blown sand ridge forests; 3: Fruška Gora)

zív termelési mód miatt a pozitív és negatív hatások sem olyan erősek (3.11. ábra). Ha a hátsági homok talajokon található erdőket elkülönítjük az ártéri erdőktől, különböző léptékű és bizonyos esetekben ellenkező irányú anomáliát is tapasztalhatunk. Ennek számos oka lehet. Például az 1999-es bő csapadékú évből a jobb vízellátottságú és jobb víztartó víztartó képességű talajokon a fák több vizet tudtak tárolni, mint a homok talajon, és a 2000-es évben a kevés lehulló csapadékmennyiség ellenére az átlaghoz képest kissé több pozitív anomáliával rendelkeztek, míg a homoktalajok erdejei a 2000-es év aszályát negatív biomassza-produkcióval zárták az átlaghoz képest. Ez a különbség 2003 és 2007 esetében is látszik. A 2012-es aszály hatására minden erdő biomassza-produkció csökkenéssel reagált. Érdekesség a csapadékos évek közül 2006, ahol a homoktalajokon lévő erdők jelentős biomassza-produkció növekedése volt tapasztalható (mint 2010-ben is), viszont az ártéri erdők esetében negatív anomália jelentkezik. Itt a folyók árterén levonuló árhullám, a hosszú ideig tartó vízborítás az, ami a vegetáció átlaghoz képest negatív biomassza-produkcióját eredményezi (3.12. ábra). A területen érdemes még külön megnézni a Fruska Gora előterének erdőállományát, ahol jelentősebb eltéréseket tapasztalhatunk, melynek oka a kis termőréteg-vastagság és a különböző klímahatás.

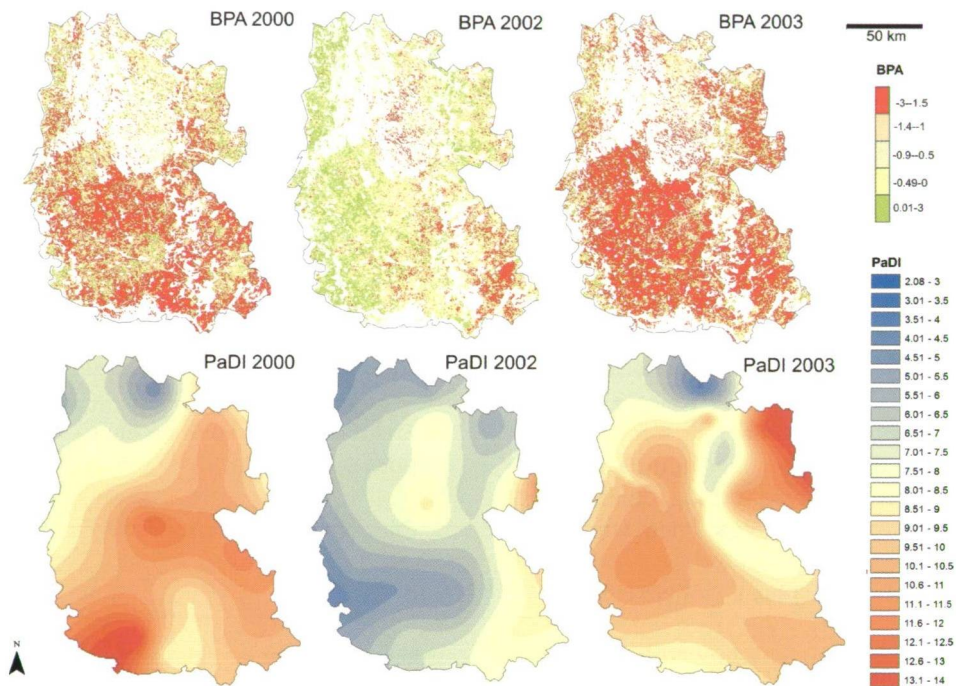
Ha összevetjük a biomassza-produkció anomália és a PaDI index alapján számított aszályosság térbeliségét a mintaterületen, megállapítható, hogy a két paraméter térbeli mintázata igen nagy hasonlóságot mutat. 2000-ben például azt láthatjuk, hogy Csongrád-megye és a Vajdaság területe jelentősebb aszálynak voltak kitéve, és ennek eredményeképpen jelentősebb biomassza-produkció-anomáliákat is lehetett tapasztalni. A legkevésbé kitétt terület a mintaterület észak-északnyugati része volt és itt voltak

anomali je različitih razmera a u nekim slučajevima i suprotnog smera. Ovo može imati brojne uzročnike. Na primer u godini 1999 sa obilnim padavinama drveće je na zemljištima sa boljim snabdevanjem vode i većim kapacitetom zadržavanja vlažnosti moglo uskladištiti više vlažnosti nego ono na peskovitim zemljištima, a 2000 godine uprkos manjim padavinama, imala su blago pozitivnu anomaliju, dok su šume na peskovitim zemljištima godinu 2000 završile sa negativnom produkcijom biomase u odnosu na prosečnu. Ova razlika je vidljiva i u slučajevima 2003 i 2007. Na uticaj suše 2012 godine sve šume su reagovalе smanjenjem produkcije biomase. Od kišnih godina zanimljiva je 2006, kada je zabeležen značajan porast produkcije biomase kod šuma na peskovitim zemljištima (kao i u 2010), međutim u slučaju šuma u inundacionoj zoni pojavila se negativna anomalija. Ovde je poplavni talas koji se kretao preko inundacionih zona reka i dugotrajno prekrivanje vodom dovelo do negativne produkcije biomase u odnosu na prosečnu (Slika 3.12). Na prostoru je interesantno proveriti i šumski fond u okolini Fruške gore, gde možemo primetiti značajnija odstupanja, koja su mala debljina produktivnog sloja zemljišta i razni klimatski uticaji.

Ako uporedimo prostornu komponentu izračunatu na osnovu anomalije produkcije biomase i PaDI indeksa, na istraživanom području se može zaključiti da dva parametra pokazuju izrazito sličan prostorni raspored. Na primer 2000 godine možemo videti, da su županije Čongrad i region Vojvodine bili izloženi najintenzivnijoj suši. Najmanje izložena zona je bila severno-severozapadni deo istraživanog područja i tu su bile karakteristične najmanje negativne vrednosti anomalije produkcije biomase. Prostorni raspored sušnosti 2003 godine veoma liči na



3.12 ábra. A biomassza produkció anomáliája 2006-ban és egy ártéri erdő árvíz idején
 Slika 3.12 Anomaliya produkcije biomase u 2006 za vreme plavljenja šume u inundacionom pojasu
 Fig. 3.12 Biomass production anomaly in 2006, and an alluvial forest in the time of flood



3.13 ábra Biomassza produkció eltérése az átlagtól a szántóterületeken, valamint a PaDI értékei 2000-ben, 2002-ben és 2003-ban

Slika 3.14 Odstupanje produkcije biomase od proseka na oranicama, kao i vrednosti PaDI u 2000, 2002 i 2003
 Fig. 3.14. Biomass production anomalies compared to the average on arable land, and PaDI values in 2000, 2002 and 2003

jellemzőek a legkisebb negatív értékek a biomassa produkció anomáliában is. Az aszályosság térbeli mintázata 2003-ban igen hasonlít a 2000-es évben tapasztalt mintázathoz, viszont érdemes kiemelni Csongrád megye keleti részének fokozott érintettségét, és ugyanennek a megjelenését a biomassa produkció negatív anomáliájában is (3.13. ábra).

A térbeli különbségeket jobban szemlélítették azok az évek, amelyekben az aszály erőssége nem mutatott annyira extrém értékeket. Ilyen volt pl. 2002, amikor Csongrád megye keleti része, valamint Csongrád és Bács-Kiskun határvonala, valamint a Vajdaság délkeleti része voltak érintettebbek. Ezen mintázat egyértelműen azonosítható a biomassa produkcióban is.

A térinformatikai módszerekkel azonosítható biomassa-produkció csökkenése és az aszályossági indexek között térben és időben is kapcsolat azonosítható a mintaterületen. Ezen adatok támasztják alá, hogy az aszály jelentős hatással van a vegetáció intenzitására valamennyi vegetáció típus esetében, amelyet térinformatikai módszerekkel is nyomon lehet követni. A bemutatott eredmények alátámasztják, hogy a mintaterületen az elmúlt időszakban tapasztalt aszályok igen jelentősen hatottak a vegetációra. Mivel a jövőben szaporodó aszályos évek és a szélsőségek növekedése várható modellbecslések alapján, a felkészülés, management, és a megfelelő vízgazdálkodási lépések igen fontosak lesznek, és nem csak a mezőgazdaság, de az erdőgazdálkodás és a természetvédelem számára is.

3.4. A vízhiány hatása a talajvízszintre

Rakonczai János, Fehér Zsolt, Fiala Károly

Bevezetés

A talaj a csapadék legjobb raktározó helye, benne Magyarországon akár az éves csa-

rapored zabeležen 2000 godine, međutim treba naglasiti pojačanu izloženost istočnih delova županije Čongrad i pojavu iste i u negativnoj anomaliji produkcije biomase (Slika 3.13.)

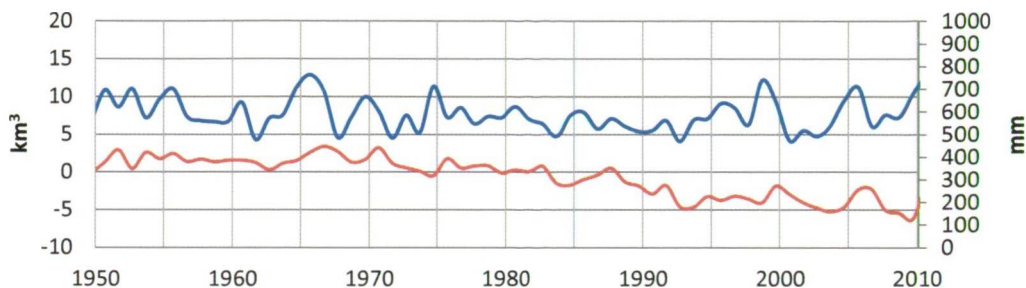
Prostornu razliku bolje prikazuju godine u kojima intenzitet suše nije pokazivao ekstremne vrednosti. Ovakva je bila npr. 2002, kada su istočni deo Čongradske županije, kao i granična linija Čongrad i Bač-Kiškun županije, kao i jugoistočni deo Vojvodine bili više zahvaćeni. Ovakav raspored se jasno može prepoznati i u produkciji biomase. Geoinformatičkim metodama može se identifikovati prostorna i vremenska povezanost pada produkcije biomase i indeksa suše na istraživanom području. Ovi podaci pokazuju, da suša ima veliki uticaj na intenzitet vegetacije u nekoliko tipova vegetacije, koji se mogu pratiti i geoinformatičkim metodama. Prikazani rezultati potvrđuju, da su suše zabeležene u prošlom periodu veoma značajno uticale na vegetaciju. Pošto se u budućnosti na osnovu procena modela može očekivati veća učestalost sušnih godina i porast ekstrema, priprema, menadžment i odgovarajuće vodoprivredne mere će biti vrlo važne i ne samo za poljoprivredu, već i za šumarstvo i zaštitu životne sredine.

3.4. Efekti nestašice vode na nivo podzemnih voda

Rakonczai János, Fehér Zsolt, Fiala Károly

Uvod

Zemljište je najbolje skladište za padavine, u njemu se može zadržati i do pola godišnjih padavina u Mađarskoj. Vode koje se infiltriraju dublje povećavaju zalihe podzemnih voda. Promene ovih zaliha vode odražavaju ublažene meteorološke uticaje



3.14. ábra Piros: A talajvízkészlet eltérése a sokévi (1950-2010) átlagtól a Duna-Tisza közti hátságon (1950–2010);
Kék: a csapadék kétéves mozgóátlaga

Slika 3.14 Crvena: odstupanje zaliha podzemnih voda od dugogodišnjeg proseka (1950-2010) u zaravni na međurečju Dunava i Tise; Plava: pokretna sredina dvogodišnjih padavina

Fig. 3.14 Red: Difference of groundwater from the average of 1950-2010 in the blown sand ridge of the Danube-Tisza Interfluve (1950-2010).; Blue: two-yearly changing average of precipitation

padék fele is megmaradhat. A mélyebbre beszivárgó vizek a talajvízkészletet növelik. Ennek a vízkészletnek a változása a meteorológiai hatásokat (leginkább a csapadék és az evapotranspiráció) letompítva tükrözi. Így ennek a vízkészletnek a hosszabb időszakra kiterjedő változásai a klimatikus tendenciáknak és az emberi hatásoknak fontos indikátora.

A talajvíz-készlet időbeli változása a Duna-Tisza közén

Magyarországon az 1980-as évek elejétől az 1990-es évek közepéig tartó szárazabb időszak leginkább a Duna-Tisza közti hátságon okozott jelentős talajvízkészlet csökkenést. Bár a Duna-Tisza közti talajvízcsökkenés okairól igen összetett szakmai vita alakult ki a magyar szakirodalomban (Pálfi 1994), a vízkészlet-változások geoinformatikai alapú értékelése (3.14. ábra) jól mutatja, hogy ennek az időszaknak a csapadékhánya máig kihat. Lehet persze vitatkozni a kiváltó okokról, de az is jól látható, hogy a vízkészletek érdemi mennyiségi változásai mögött meghatározó módon a csapadék mennyisége áll. Egy-egy csapadékosabb év hatására a vízhiány mértéke átmenetileg csökken ugyan, de összességében egy növekvő vízkészlet hiány (az 1950-es, 1960-as

(najviše padavine i evapotranspiraciju). Tako je dugoročna promena ovih zaliha vode važan indikator klimatskih tendencija i ljudskih uticaja.

Promena zaliha podzemnih voda kroz vreme u međurečju Dunava i Tise

Sušniji period koji traje od početka 1980-ih godina do sredine 1990-ih u Mađarskoj je najviše uzrokovao značajan pad zaliha podzemnih voda u zaravni između Dunava i Tise. Iako se oko uzroka smanjenja podzemnih voda u međurečju Dunava i Tise razvila vrlo složena stručna polemika u mađarskoj stručnoj literaturi (vidi Pálfi 1994), geoinformatička procena promena zaliha vode dobro pokazuje da je uticaj deficita padavina iz ovog perioda osetan i danas (Slika 3.14). Može se naravno raspravljati o uzročnicima, ali i to se može dobro videti, da za suštinske promene količina zalihe vode odlučujuću ulogu ima količina padavina. U pojedinim godinama sa više padavina obim deficita vode se privremeno smanjuje, ali sumarno se može zapaziti rastući deficit vodenih zaliha (u poređenju 1950-tih i 1960-

évekhez viszonyítva a 2000-es évek első évtizedében 6-9 km³-nyi) tapasztalható.

Korábbi vizsgálataink (Rakonczi 2013) alapján az is kiderült, hogy a talajvízszint süllyedése a domborzati helyzettől erősen függ: a magasabb helyzetben levő területeken nagyobb a csökkenés (3.15. ábra). Ennek oka, hogy ez a táj csak csapadékból kap vízpótlást, és a Darcy-törvény miatt a felszín alatti szivárgás a vízkészletek területi átrendeződése is megvalósul (a magasabb területek az elszivárgás miatt további készletcsökkenést kénytelenek elviselni). Az ábrán jól látható, hogy az alacsonyabb domborzati helyzetben levő területek fajlagos (1 km²-re jutó) készletváltozásai jóval kiegyenlítettebbek. Megfigyelhető az is, hogy a korábban említett másfél évtizedes szárazabb időszak eredményezte azt, hogy a fajlagos vízhiány a magasabb területeken kialakuljon.

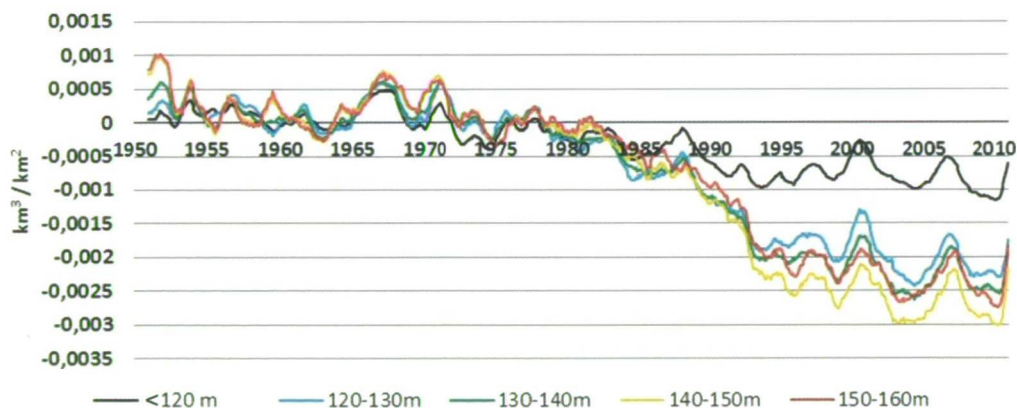
A kutatási területre is elkészítettük a talajvízkészletek mennyiségi értékelésének változását (3.16. ábra). Jól látható, hogy a készletváltozás az egész területre vonatkoztatva nagy hasonlóságot mutat a teljes Duna-Tisza

ti h godina sa 2000-tim zabeležena razlika je oko 6-9 km³).

Na osnovu naših ranijih ispitivanja (Rakonczi 2013) se pokazalo i to, da se pad nivoa podzemnih voda jako zavisi od topografske pozicije: kod prostora na većoj visini veći je pad (Slika 3.15). Razlog za ovo je da ovaj predeo dobija vode isključivo od padavina, a zbog Darsijevog zakona se ostvaruje i preraspodela vodenih zaliha kroz podzemno proceđivanje (tereni na većoj visini zbog oticanja moraju da trpe dodatno smanjenje zaliha). Na prilogu se dobro vidi da tereni na nižoj reljefnoj poziciji imaju mnogo ujednačenije specifične (po 1 km²) promene zaliha. Može se zapaziti i to da je već pomenuti sušniji period od decenije i po prouzrokovao razvoj specifičnog deficita vode na višim područjima decenije i po.

Za istraživano područje smo izradili procenu promene zalihe podzemnih voda (Slika 3.16).

Dobro je vidljivo, da se promena zaliha za celo područje veliku sličnost pokazuje za celu vrednost međurečja Dunava i Tise. U



3.15. ábra A fajlagos talajvízkészlet változása a Duna–Tisza közti homokhátság területén magassági szintek szerint tagolva (referencia időszak 1961–1965)

Slika 3.15 Specifična promena zaliha podzemnih voda na prostoru peščane zaravni na međurečju Dunava i Tise podeljeno na visinske zone (referentni period 1961-1965)

Fig. 3.15 Change in specific groundwater resources in the Danube-Tisza Interfluvium according to height intervals (reference period: 1961-1965)



3.16 ábra A talajvízkészletek abszolút és fajlagos változása a kutatási területen

(1: a vizsgált terület talajvízkészletének változása az 1960-1965 közötti időszak átlagához viszonyítva; 2: a fajlagos talajvíz-készlet időbeli alakulása a 120m-nél alacsonyabb területeken; 3: a csapadék 12 havi mozgó átlaga)

Slika 3.16 Apsolutna i specifična promena zaliha podzemnih voda na istraživanom području

(1: promene zaliha podzemnih voda u poređenju sa periodom od 1960-1965; 2: specifična promena zaliha podzemnih voda na prostorima nižim od 120 m, 3: pokretna sredina 12 mesečnih padavina)

Fig. 3.16 Absolute and specific changes of groundwater resources in the study area

(1) changes of groundwater resources compared to the average between 1960-1965

(2) temporal changes of specific groundwater resources in areas below 120 m

(3) 12-month moving average of precipitation

közi értékekhez. Az 1960-as évek második felében és az 1970-es évek legelején a több csapadékosabb év egy vízkészlet-növekedéssel járt, majd az átlag körüli és átlag alatti csapadéku (átlag feletti csapadék nélküli) évek során a készletek lassú csökkenése indult meg. Ez a csökkenés az 1980-as évek második felétől felgyorsult és az 1990-es évek közepén kicsit csapadékosabb időszakának hatására sem változott érdemben. Csak az 1999-es belvizes időszak (ami átnyúlt még 2000 elejére is) csökkentette valamelyest a vízhiányt. Az ezt követő 4-5 évben azonban a korábbiakat meghaladó készletcsökkenés következett be, ami az évtized utolsó éveiben – egy rövid csapadékosabb időszakkal megszakítva – tovább fokozódott. Az adatokból az is sejthető, hogy az utóbbi 15-20 évben egyedül a csapadékcsökkenés nem indokolna ilyen mértékű készletcsökkenést. Feltehetőleg a talajvízből a szerbiai területeken fokozódó öntözés okozza a változások egy részét, ahogyan azt a talajvízváltozás térképek is mutatják. A Duna-Tisza közí hátság DK-i részén még a 2010-es nagy csapadéku év idején is jelentős a talajvízszint csökkenés, amit a csapadék és a hidrológiai viszonyok nem indokolnak. A 3.16. ábrán ugyanakkor az is látszik, hogy a 120 m-nél ala-

drugoj polovini 1960-ih i samom početku 1970-tih više godina sa padavinama praćene povećanjem zaliha podzemnih voda, da bi tokom godina sa prosečnim i godinama ispod proseka započelo postepeno opadanje (natprosečnih bez padavina). Ovo smanjenje se ubrzalo od druge polovine 1980-ih i suštinski se nije promenila ni nešto u vlažnijem periodu polovine 1990-ih. Samo je 1999 period suvišnih unutrašnjih voda (koji se produžio i do početka 2000 godine) smanjio donekle deficit vode.

U narednih 4-5 godina međutim dogodilo se smanjenje zaliha koje je prevazišlo ranije, koje se u poslednjim godinama decenije - prekinuto sa kratkim vlažnim periodom - dalje intenziviralo. Iz podataka se i to može naslutiti, da samo smanjenje padavina u poslednjih 15-20 godina ne bi moglo dovesti do ovako velikog smanjenja zaliha. Verovatno je deo promena uzrokovan povećanjem navodnjavanja iz podzemnih voda u Srbiji, kako to pokazuju karte promena podzemnih voda. Još i za vreme vrlo vlažne 2010 godine se može dobro videti da je na jugoistočnom delu međurečja Dunava i Tise značajan pad nivoa podzemnih voda, koji ne može biti objašnjen padavinskim i hidrološkim

csenyabb területeken a fajlagos vízkészletek egy-egy nedvesebb év során újra tudnak pótlódni, azaz az aszályosabb évek tartós talajvízhiányt eddig nem okoztak (ebben a csapadék mellett a felszín alatti talajvízáramlásoknak is szerepe lehet).

A talajvízszint időbeli változása és területi különbségei a Tisza jobb-parti vízgyűjtőjén

Az 1960-as évek eleje óta havi rendszerességgel kiadott „Talajvízállás tájékoztató” térképsorozat alapján már az 1980-as években megállapítható volt, hogy a Duna-Tisza köze területén, elsősorban a hátsági térszíneken, a talajvízszint változásában kedvezőtlen folyamatok figyelhetők meg (Major és Neppel 1988). Az 1990-es évek közepére a Hátság területén átlagosan 250-300 cm, az észak- és délnyugati térszíneken egyes körzetekben 600-800 cm közötti talajvízszint-csökkenés alakult ki. A peremi területeken bekövetkezett változások lényegesen kisebbek voltak, illetve egyes térségekben nem tekinthetők számottevőnek (VITUKI 2001-2002, Szalai 2004)

A vizsgált időszakon belül a magas talajvízállású évek a következők voltak: 1965-1967, 1970, 1975, 1999–2000, 2006, 2010–2011, tehát összesen 10 év. A fölsorolásból látjuk, hogy az átlagosnál magasabb talajvízállású évek időben igen egyenlőtlenül oszlanak el, előfordulási gyakoriságuk egy-egy hosszabb időszakban nagyon különböző. A '60-as, '70-es években jellemző magas talajvízállású éveket hosszú kisvízes időszak követte, amely minimumát a '90-es években érte el. Ezt követően újból gyakoribbá váltak a magasabb talajvízállású évek: az 1999–2011 közötti 13 évben 5 ilyen volt (ekkor a legmagasabb vízálások 2000-ben és 2010-ben voltak).

Az átlagosnál alacsonyabb talajvízállású évek a következők voltak: 1960–1962, 1968, 1983–1995, 2000–2003 és 2007–2009. Ez összesen 24 év(!), amely a vizsgált időszak

uslovima. Slika 3.16 istovremeno pokazuje i to, da se na prostorima ispod 120 m specifične zalihe vode mogu dopuniti tokom pojedinih vlažnijih godina, tj. da sušnije godine do sada nisu uzrokovala duži deficit vode (u ovom pored padavina mogu imati ulogu i podzemni tokovi vode).

Promena zaliha podzemnih voda kroz vreme u desnom delu sliva Tise

Na osnovu serije karata „Biltena podzemnih voda” koji izlazi mesečno od početka 1960-ih godina već se 1980 moglo ustanoviti, da je na prostoru međurečja Dunava i Tise, pre svega na delovima zaravni, mogu primetiti nepovoljni procesi u promeni zaliha podzemnih voda (Major i Neppel, 1988). Do sredine 1990-ih na području Zaravni se pojavio pad nivoa podzemnih voda u proseku od 250-300 cm, a na severnim i severozapadnim predelima od 600 do 800 cm. Promene koje su se dogodile na perifernim delovima su bile značajno manje, odnosno u pojedinim oblastima se ne mogu smatrati relevantnim (VITUKI 2001-2002, Szalai 2004). U okviru istraživanog perioda godine sa visokim nivoom podzemnih voda su bile 1965-1967, 1970, 1975, 1999–2000, 2006, 2010–2011, dakle ukupno 10 godina. Iz navedenog vidimo da su godine sa nivoima većim od prosečnog vrlo neravnomerno raspodeljene, učestalost njihove pojave unutar jednog dužeg perioda je vrlo različito.

Posle godina sa visokim nivoom podzemnih voda koji je bio karakterističan u 60' i 70' godinama usledio je dugačak period sa nižim nivoom, koji je minimum dostigao 90' godina. Nakon ovog su ponovo postale učestalije godine sa visokim nivoima podzemnih voda: u periodu od 13 godina između 1999 i 2011 5 je bilo ovakvih (najveći nivoi su tada bili 2000 i 2010).

50%-a, tehát jóval több mint a magas talajvízállású évek száma. A felsorolt évekből láthatjuk, hogy a 2000. év a magas és az alacsony vízállású évek között is szerepel, aminek az a magyarázata, hogy 2000-ben a nagyvíz az év legelején alakult ki (az előző, nagyon csapadékos 1999-es esztendő hatására), míg a kisvíz a rendkívül csapadékszegény 2000. év vége felé. A nagyon alacsony talajvízállású évek esetében még szembetűnőbb ezek egymásutánisága és az ilyen időszakok hosszúsága. Ezek közül leghosszabb az 1983–1995 közötti 13 éves (!) időszak, amelyen belül a legalacsonyabb vízállás több kútnál 1995-ben alakult ki. Ezen időszak alacsony talajvízállásainak egyik oka az átlagosnál kevesebb csapadék, de ebben is jelentős szerepet játszanak a különféle emberi tevékenységek hatásai (talajvízöntözés).

A talajvízviszonyok alakulásában jelentős szerepet játszik a hőmérséklet változása is, amely a párolgásában döntő tényező. Az 1980-as évektől kezdve a hőmérséklet emelkedő trendje figyelhető meg. A hőmérséklet és az alacsony talajvízszinttel jellemezhető évek kapcsolata szoros, a magas hőmérséklet hatása lényeges szerepet játszott a minimumok kialakulásában, ahogyan ezt a 1990-es évek első felében láthattuk.

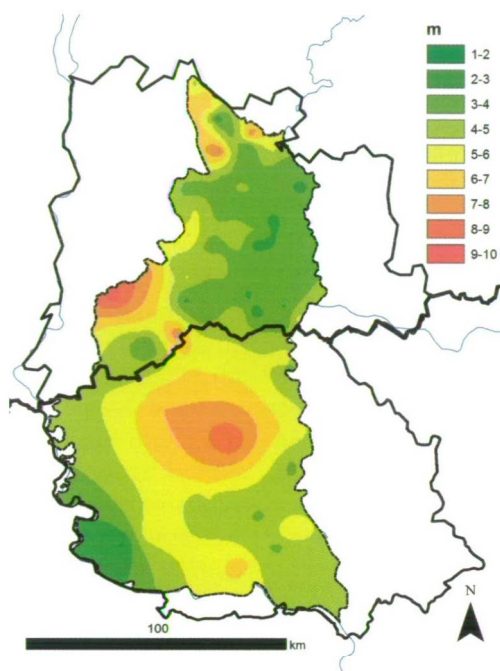
A 2012-es év az extrém száraz évek hatását szemlélteti (3.17. ábra). A már így is jelentős készletcsökkenéssel sújtott térség talajvízviszonyai az ilyen hidrológiai helyzetekben tovább romlanak. A vízgyűjtő nyugati, magasabb térszínű területein a talajvíz nyugalmi szintje 4-6 m közé süllyedt, a Tiszához közelebb eső területeken is 2-4 méter közé csökkent. A sokévi átlaghoz képest 0,5-2 m-rel volt alacsonyabban a talajvíz szintje. Szembetűnő mind száraz, mind nedves években a Pustaszer környékén tapasztalható feláramlás, amely főként vízhiányos időszakban okoz pozitív anomáliát.

Megállapítható tehát a vízgyűjtő tartós talajvízszint süllyedése a vizsgált időszakban.

Godine sa nivoom podzemnih voda nižim od proseka su bile: 1960–1962, 1968, 1983–1995, 2000–2003 és 2007–2009. Ovo je ukupno 24 godina (!), koje iznose 50% od ispitivanog perioda, dakle mnogo više nego broj godina sa visokim nivoom podzemnih voda. Iz nabrojanih godina možemo videti, da se 2000 godina pojavljuje i među godinama sa visokim i niskim nivoom podzemnih voda, što se može objasniti da su se velike vode početkom 2000 godine formirale zbog uticaja prethodne vrlo vlažne godine), dok su se male vode javile zbog vrlo malo padavina do kraja 2000 godine. U godinama sa vrlo niskim nivoom podzemnih voda još je upadljivija njihova sukcesivnost i dužina ovakvih perioda. Od ovih je najduži 13 godišnji (!) period od 1983–1995, u okviru kojeg se najniži nivo vode na više bunara javio 1995 godine. Nizak nivo podzemnih voda u ovom periodu je količina padavina manja od prosečne, ali značajnu ulogu igraju i uticaji raznih ljudskih aktivnosti (navodnjavanje).

U uslovima formiranja podzemnih voda značajnu ulogu igra i promena temperature, koji je presudni faktor u isparavanju. Počev od 1980' godina može se zapaziti rastući trend. Povezanost temperature i godina sa niskim nivoom podzemnih voda je tesna, a uticaj visokih temperatura je igrao važnu ulogu u pojavi minimuma, kako smo to mogli videti u prvoj polovini 1990' godina.

Godina 2012 pokazuje uticaj ekstremno sušnih godina (Slika 3.17). Stanje podzemnih voda regiona koji je već pogođen značajnim smanjenjem zaliha u ovakvim hidrološkim uslovima se dalje pogoršava. Na zapadnom i višem predelu sliva mirujući nivo podzemnih voda se spustio između 4-6 m, a na prostorima bliže Tisi se smanjio između 2-4 m. U odnosu na dugogodišnji prosek nivo podzemnih voda je bio niži za 0,5 - 2 m. Uočljivo je uzlazno strujanje u okolini Pustaser-a, kako u sušnim tako i u



3.17. ábra A 2012. augusztusi talajvízállások a mintaterületen
Slika 3.17 nivoi vode u istraživanom području u avgustu 2012. godine
Fig. 3.17 Groundwater level in the study area in August 2012

A korábbi átlagos talajvízszint a terep alatt 2 méterre húzódott, természetesen területi különbségek előfordultak, mára ez a szint 1-1,5 méterrel mélyebben helyezkedik el. Amennyiben a vízgyűjtő terület 5300 km²-hez viszonyítjuk ezt a változást, figyelembe véve a porozitást (0,5), úgy az alábbi készletcsökkenést kapjuk:

0,5 m talajvízszint süllyedés
1,32 km³ vízkészlet csökkenés

1 m talajvízszint süllyedés
2,6 km³ vízkészlet csökkenés

Az elmúlt mintegy 40 évben, a talajvízszint süllyedés során, a felszín alatti vízkészletből, a sokéves csapadékatlagok alapján, egy, de inkább két év teljes csapadéka „fogyott” el. Figyelembe véve a beszivárgás sebességét

vlažnim godinama, koji uzrokuje pozitivnu anomaliju, pre svega u sušnim periodima.

Može se dakle ustanoviti trajni pad nivoa podzemnih voda u ispitivanom periodu. Raniji prosečni nivo podzemnih voda se povukao ispod terena za 2 metara, naravno sa razlikama koje su se javljale u prostoru, a danas se ovaj nivo nalazi dublje za još 1-1,5 m. Ako uporedimo ovu promenu sa površinom sliva od 5300 km², uzimajući u obzir poroznost (0,5) dobijamo sledeće smanjenje zaliha:

0,5 m smanjenja nivoa podzemnih voda
1,32 km³ smanjenja zaliha voda
1 m smanjenja nivoa podzemnih voda
2,6 km³ smanjenja zaliha voda

U proteklih 40 godina smanjenjem nivoa podzemnih voda, iz podzemnih zaliha, a na

körülbelül ugyanennyi időre lenne szükség a készlet pótlódására, feltételezve a fenntartható vízhasználatot. Mindezt azonban hátráltatja a csökkenő csapadékmennyiség, a kedvezőtlen csapadékeloszlás (gyors lefolyás), az egyre növekvő párolgás, a nem megfelelő vízhasználat. A talajvízszintek menetgörbéjének növekvő trendjéhez elengedhetetlen a jellemzően tavasszal előforduló időszakos víztöbbletek hatékony felhasználása, a hazai vízgazdálkodás elvezetésre törekvő gyakorlának megváltoztatása!

3.5. A klímaváltozás okozta szárazodás potenciális talajtani hatásai

Farsang Andrea

Bevezetés

Az IPCC (2007) klímaváltozásra vonatkozó scenáriói a hőmérséklet növekedését, a csapadékmennyiség változását, valamint a szélsőséges időjárási helyzetek (aszály, áradás, extrém csapadékkal járó esőzések) gyakoribbá válását jelzik elő. Előrejelzések szerint valószínűleg, az elkövetkezendő időszakban a víz lesz a fő limitáló tényező a mezőgazdaság számára a Kárpát-medence térségében. A klímaváltozás mind rövid, mind hosszú távon befolyásolja a talaj fizikai és kémiai paramétereit, így egyre inkább relevánssá válnak a talajok megóvására, védelmére, monitoringjára vonatkozó kutatások, hiszen hatásuk jelentkezik talajaink fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságainak változásában egyaránt (Sisák et al, 2007, Faragó et al. 2010, Puskás és Farsang 2012).

A talajminőséget meghatározó és egyben jelző tulajdonságok közül a klímaváltozás első sorban a szerves anyag tartalomra, a szén- és nitrogénkörforgásra, a mikrobiális biomaszra-termelésre, flóra és fauna diverzitásra, valamint a fizikai talajtulajdonságokra (pl. ta-

osnovu dugogodišnjeg proseka, „nestala” je ukupna količina jedne, a verovatnije i dve godine.

3.5. Potencijalni pedološki uticaji aridizacije usled klimatskih promena

Farsang Andrea

Uvod

Sva predviđanja IPCC (2007) koja se odnose na klimatske promene nagoveštavaju porast temperature, promenu količine padavina, kao i sve veću učestalost ekstremnih meteoroloških pojava (suša, poplava, ekstremne padavine). Prema prognozama, u Panonskoj niziji će voda verovatno biti glavni ograničavajući faktor za poljoprivredu u regiji. Klimatske promene utiču na fizičke i hemijske parametre zemljišta kako kratkoročno, tako i dugoročno, te sve relevantnija postaju istraživanja koja su usmerena na očuvanje, zaštitu, monitoring zemljišta, pošto se njihov uticaj podjednako javlja u promenama fizičkih, hemijskih i bioloških osobina naših zemljišta. (Sisák et al. 2007, Faragó et al. 2010, Puskás i Farsang 2012).

Od osobina koje određuju, a ujedno i pokazuju kvalitet zemljišta, klimatske promene utiču pre svega na sadržaj organskih materija, na ciklus ugljenika i azota, mikrobiološku produkciju biomase, diverzitet flore i faune, kao i fizičke osobine (npr. strukturu tla). Sa jednim parametrom se dakle ne mogu definisati pedološke posledice aridizacije. Da bi se odredili tipični parametri-indikatori za određeni tip zemljišta, potrebna su biološka, hemijska i fizička ispitivanja (Karlen et al. 2003).

Iz kruga primenljivih indikatora, kiselost zemljišta je jedan vrlo dominantan hemijski indikator, koji je odlučujući faktor za

lajszerkezetre) fejt ki hatást. Egyetlen paraméterrel tehát nem lehet a szárazodás talajtani következményeit jellemezni. Ahhoz, hogy az adott talajtípusra jellemző indikátor paramétereket megadhasunk, szükség van biológiai, kémiai és fizikai vizsgálatokra is. (Karlen et al. 2003).

Az alkalmazható indikátorok köréből a talaj kémhatása egy igen domináns kémiai indikátor, mely meghatározó tényezője számos egyéb talajparaméternek (pl. savanyosodás, szikesedés, tápanyagforgalom, biológiai aktivitás stb.). Brinkman és Sombroek (1999) megállapították, hogy a legtöbb talaj esetén pH nem változik jelentősen a klímaváltozás hatására, a klímaváltozás azonban jelentős hatást gyakorol olyan más paraméterekre, melyek megváltozása maga után vonja a pH módosulását (Reth et al., 2005).

Várallyay (2005) megállapításai szerint az éghajlati elemek megváltozása maga után vonja a talajok vízháztartásának megváltozását. A klímaváltozás, az élővilág megváltozása, a talajképződési folyamatok időléptéke azonban térben és időben is nagyon különböző. A változás sebességét nehéz becsülni, hiszen azt az emberi tevékenység gyorsíthatja, de részben fékezheti is. Ezért az átalakulások folyamatos figyelemmel kísérése fontos feladat.

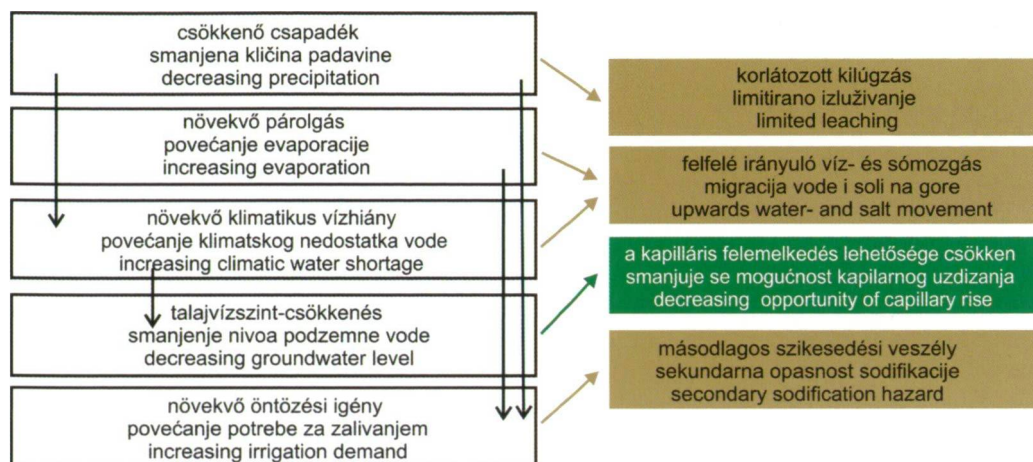
A klímaváltozás következményeként hazánk területén az időjárási elemek szezonális dinamikájának, a kontinentális, atlanti és mediterrán hatások arányának változása magában hordozza a természeti-földrajzi zónák eltolódásának lehetőségét is (Máté et al. 2009). A kontinentalitás jelentős gyengülésének talajföldrajzi következménye például a hazai csernozjomok folyamatainak változása lehet (Farkas et al. 2011). Mezőségi talajainkban erősödhet a mészlepedékes csernozjom jelleg, míg különösen a dél-dunántúli területeken – a mediterrán talajképződés erősödésére, és a barna erdőtalajok irányába történő elmozdulása prognosztizálható (Máté et al.,

mnoge druge parametre tla (zakiseljavanje zemljišta, zaslanjivanje, prenos hranjivih sastojaka, biološka aktivnost, itd). Brinkman i Sombroek (1999) su utvrdili da se u najvećem broju zemljišta pH vrednost ne menja značajno pod uticajem klimatskih promena, međutim klimatske promene vrše značajan uticaj na druge parametre, koji za sobom povlače menjanje pH vrednosti (Reth et al. 2005).

Prema tvrdnjama Várallyay-a (2005) promena klimatskih elemenata povlači za sobom i izmenu vodnog bilansa zemljišta. Klimatske promene, promena živog sveta i vremenska skala procesa formiranja zemljišta su međutim vrlo različiti u vremenu i prostoru. Brzinu promena je teško proceniti, pošto ljudske aktivnosti mogu da ih ubrzaju, ali delom i da ih uspore. Zbog toga je stalno pažljivo osmatranje procesa preobražaja vrlo važan zadatak.

Kao posledica klimatskih promena na teritoriji naše domovine, sezonalna dinamika klimatskih elemenata, promena odnosa kontinentalnih, atlantskih i mediteranskih uticaja nosi sa sobom i mogućnost pomeranja fizičko-geografskih zona (Máté et al. 2009). Pedogeografska posledica značajnog slabljenja kontinentalnosti može da bude na primer promena procesa kod naših černozema (Farkas et al. 2011). U našim ravničarskim zemljištima može da se pojača karakteristika karbonatnih černozema, dok se naročito na južnim delovima Prekodunavske Mađarske – može prognozirati jačanje formiranja mediteranskih zemljišta i pomeranja u pravcu gajnjača (Máté et al. 2009). Pod uticajem rastuće temperature i smanjenja padavina

može da se pokrene višestruka promena procesa koji se odigravaju u zemljištu (Slika 3.18). Pod uticajem rastuće temperature raste i isparavanje zemljišta, smanjuje se proceđivanje i upotrebljive količine



3.18. ábra A szárazodás és a talaj vízgazdálkodási folyamatainak összefüggései (Blaskó et al. 1996 nyomán)

Fig. 3.18 Povezanost aridizacije i procesa kretanja vode u zemljištu (prema Blaskó et al. 1996)

Fig. 3.18 Correlation between aridification and soil water management (based on Blaskó et al. 1996)

2009). A növekvő hőmérséklet és a csökkenő csapadék mennyiség hatására a talajban zajló folyamatok sokrétű változása indulhat el (3.18. ábra). A növekvő hőmérséklet hatására növekszik a talaj párolgása, csökken a beszivárgás és a talajban hasznosan tározott víz mennyisége, s ezáltal növekszik a terület aszályérzékenysége. Az éghajlat és a növényzet megváltozása tehát befolyásolja a talaj vízháztartását. Ez pedig a talaj levegő- és hőgazdálkodására, a benne lejátszódó biológiai tevékenységekre, és ezeken keresztül a tápanyag-gazdálkodásra is hatással van.

A szervesanyag-tartalom – a talaj legkomplexebb és legheterogénebb komponenseként – egy igen releváns, talaj minőséget meghatározó indikátor, hiszen módosíthatja számos tulajdonság, talajfunkció, átalakulási folyamat jellegét és irányát. A kevesebb víz miatt csökken a megtermelt biomassa mennyisége, ami kisebb terméshozamokat és kevesebb talajban visszamaradó növényi maradványt eredményez, ami a szárazabb körülmények között domináló aerob folyamatok következtében gyorsabban bomlik, csökkentve a talaj szervesanyag-tartalmát (Tóth et al. 2009). A

vlažnosti u zemljištu i tako se povećava osetljivost područja na sušu. Promena klime i vegetacije dakle utiče na vodni bilans zemljišta. Ovo dalje ima uticaj na vazдушna i toplotna svojstva zemljišta, na biološke procese koji se u njemu odvijaju i kroz sve ovo i na razmenu hranjivih materija. Količina organskih materija – kao najkompleksnija i najheterogenija komponenta zemljišta – je jedan vrlo relevantan indikator koji određuje kvalitet zemljišta, jer može da izmeni brojne osobine, funkcije zemljišta i karakter i pravac procesa transformacije. Zbog manje vode smanjuje se količina proizvedene biomase, što rezultira sa manjim prinosom i manjom količinom biljnih ostataka, koji se u aerobnim procesima dominantnim u suvljim uslovima brže razlažu, smanjujući organski sadržaj zemljišta (Tóth et al., 2009). Usled porasta temperature raste i brzina razlaganja, i intenzitet aeracije zemljišta, koji dalje može da pojača smanjenje zaliha ugljenika u zemljištu. Uticaj klimatskih promena na ovaj parametar je vredno ispitivati pre svega sa dugogodišnjim nizovima podataka, iako se promena organskih materija pod uticajem

hőmérséklet-emelkedés következtében növekszik a lebontás sebessége, a talajlégzés intenzitása, amely tovább fokozhatja a talaj C-készletének csökkenését. A klímaváltozás e paraméterre gyakorolt hatását főként hosszú idősoros adatokkal érdemes vizsgálni, habár a szerves anyag hőmérséklet emelkedésére történő változása még ma is erősen vitatott kérdésnek tekinthető.

A kevesebb csapadék és az éjszakai hőmérséklet emelkedés hatására a harmatképződés korlátozottabbá válik, a párologtatás fokozódik. Ezek a változások a talajban zajló lebontási folyamatokra, a tápanyag forgalomra, a talajlégzésre is hatással vannak (Tóth et al. 2009). A folyamat összetettségéből adódóan és a hatótényezők térbeli eltérései miatt a nedvesség és a hőmérséklet együttes megváltozásának a talaj széntartalmára gyakorolt hatását azonban a jövőre nézve ma még nem lehet egyértelműen előre jelezni.

Fontos és nagy területeket érintő kérdés a klímaváltozás talajaink sóforgalmára gyakorolt hatása. Szárazabb és melegebb körülmények között fokozódik a párolgás, aminek következtében a talajoldat betöményedik és növekszik sókoncentrációja. A kevesebb csapadék miatt csökken a beszívargás és annak kilúgzó hatása. Ez a két folyamat bizonyos területeken növelheti a sófelhalmozódás intenzitását (Blaskó et al. 1996). A csökkenő csapadék nem csak a kilúgzás mérséklésével, illetve a felfelé irányuló víz- és sómozgás gyorsításával, hanem a növekvő öntözési igény kialakulásával, s ezen keresztül a másodlagos szikesedés kialakulásának lehetőségével növeli a szikesedés veszélyét. Ugyanakkor ellentétes folyamatok is hathatnak, hiszen pl. a talajvízszint süllyedése a szikesedés ellen hat. A süllyedő talajvízszint miatt ugyanis csökken a kapillárisokban feláramló víz mennyisége, a kapilláris zóna magassága, így a szikesedés, sófelhalmozódás veszélye, kockázata is. Izgalmas kérdés tehát, hogy ezen ellentétes hatások eredőjeként

porasta temperature i danas može smatrati vrlo diskutabilnim pitanjem.

Pod uticajem smanjenja količine padavina i porasta noćne temperature stvaranje rose postaje ograničenije, isparavanje se pojačava. Ove promene imaju uticaja i na procese razlaganja koji se odvijaju u zemljištu, na kretanje hranjivih materija, i na aeraciju zemljišta (Tóth et al. 2009). Zbog složenosti procesa i prostorne različitosti faktora, ne može se nedvosmisleno predvideti uticaj zajedničke promene vlažnosti i temperature na sadržaj ugljenika u zemljištu u budućnosti.

Važno pitanje koje se tiče velikih površina je uticaj klimatskih promena na kretanje soli u našim zemljištima. U suvljim i toplijim uslovima povećava se isparavanje, usled kojih raste koncentracija rastvora i soli u zemljištu. Zbog manje padavina smanjuje se proceđivanje i njegov uticaj na ispiranje. Ova dva procesa na određenim područjima mogu povećati intenzitet nagomilavanja soli (Blaskó et al. 1996). Smanjene padavine povećavaju opasnost od zaslanjivanja ne samo putem usporavanja ispiranja, ili ubrzanjem kretanja vode prema gore i prenosa soli, već i stvaranjem povećane potrebe za navodnjavanjem, a time i sekundarnim zaslanjivanjem. Istovremeno mogu da dejstvuju i suprotstavljeni procesi, jer npr. smanjenje nivoa podzemnih voda utiče nasuprot zaslanjivanja. Zbog opadajućeg nivoa podzemnih voda smanjuje se količina vode koja se izdiže kapilarnim putem i visina kapilarne zone, a na taj način i opasnost i rizik od zaslanjivanja i nagomilavanja soli. Zanimljivo je dakle pitanje, kakve promene osobina zemljišta će se moći iskazati i kakve će biti njihove razmere kao rezultat ovih suprotstavljenih uticaja. Procesi aridizacije koji se mogu zapaziti na Južnoj ravnici iz više razloga nose opasnost od sekundarnog zaslanjivanja zemljišta, kao npr. povećanje isparavanja, kao i porast

mely és milyen mértékű talajtulajdonságbeli változások detektálhatók. A Dél-Alföldön tapasztalható szárazodási folyamatok több okból is a talajok másodlagos szikesedésének veszélyét hordozzák, mint pl. a párolgás fokozódása, valamint a megnövekedett öntözési igények. Napjainkban a víz stratégiai jelentősége miatt az öntözési célokra alkalmazott víz minősége is problémaként jelentkezhet (Gál és Farsang 2013).

Dél-Alföldi csernozjom talajok szerkezeti vizsgálata a klímaérzékenységgel összefüggésben

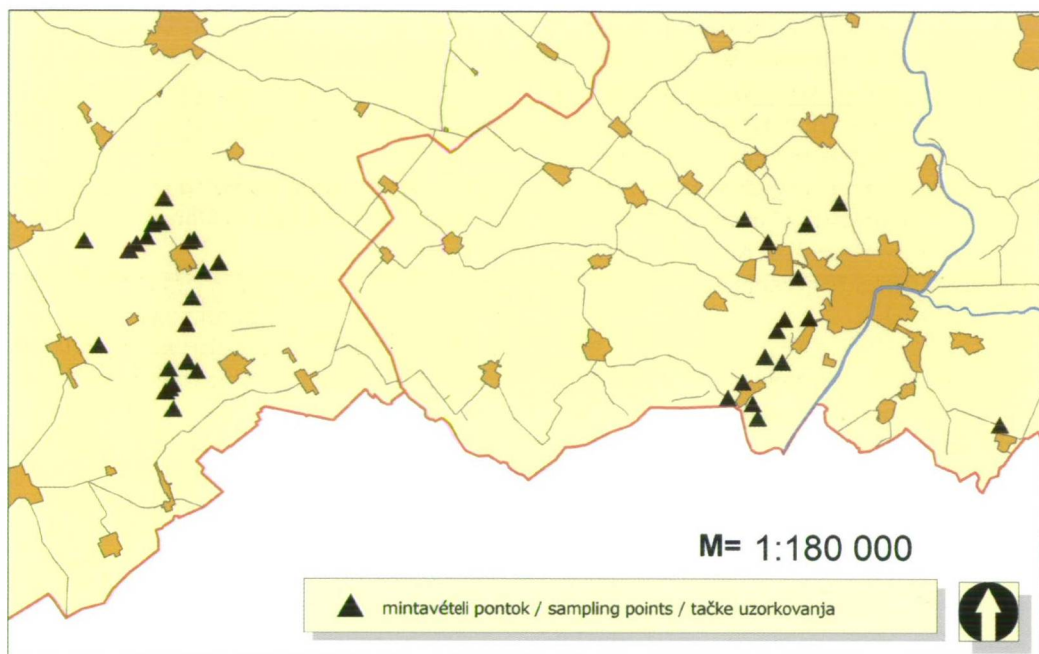
A klímaváltozás talajszerkezetben okozott bármilyen hosszabbtávú hatásának mértéke a talaj sérülékenységeinek függvénye. Chan (1999) a talajminőség szempontjából a talajszerkezet három aspektusát különíti el: a szerkezeti formát, a stabilitást, valamint a regenerálódó képességet (resiliency). Stabilitás alatt a talaj különböző stressz hatásokkal szembeni, szerkezetmegtartó és szilárd fázis–pórus elrendeződésének fenntartó képességét értjük, míg regenerálódó képesség alatt a talaj degradáció előtti állapotára történő helyreállító képességét a stressz hatás megszűnése után. A stabilitás és a regenerálódó képességet együtt határozza meg a külső stressz hatásokkal szembeni sérülékenységet (vulnerability). Az elsősorban hőmérsékleti és csapadékvizonyokban fellépő anomáliák okozta stresszhatásokkal szembeni talaj-reakciók jellemzésére szolgáló hatás-specifikus környezeti érzékenység a talajok „klímaérzékenysége” (Birkás et al. 2007), melyet a talajok szerkezetének minőségével is jellemezhetünk. A rendszeresen művelt talajra jellemző folyamatokról (morzsásodás, rögzösödés, vagy porosodás) a talaj agronómiai szerkezet állapota, vagyis a rög (> 10 mm), a morzsa (0,25-10 mm) és a por (<0,25 mm) aránya tájékoztat (Buzás, 1993). Amikor a por aránya 25-30%-nál több, érzékeny, degradált

potrebe za navodnjavanje. Danas se zbog strateškog značaja vode kao problem može pojaviti i kvalitet vode koja se primenjuje za navodnjavanje (Gál i Farsang 2013).

Ispitivanje struktura zemljišta crnice na Južnoj ravnici u vezi sa klimastkom osetljivošću

Mera bilo kojeg duguročnog uticaja na strukturu zemljišta koje uzrokuju klimatske promene je funkcija njegove osetljivosti Chan (2011) koje sa stanovišta kvaliteta zemljišta razdvaja tri aspekta strukture zemljišta: strukturnu formu, stabilnost kao i njegovu sposobnost regeneracije ili otpornost (resiliency). Pod stabilnošću se podrazumeva sposobnost zemljišta za zadržavanje strukture i rasporeda poroznosti čvrstog agregatnog stanja nasuprot raznim narušavajućim uticajima, dok se pod sposobnošću regeneracije podrazumeva sposobnost vraćanja zemljišta na stanje pre degradacije nakon prestanka uticaja stresa. Stabilnost i sposobnost regeneracije zajedno određuju osetljivost (vulnerability) prema uticaju spoljnih stresova. „Klimatska osetljivost” (Birkás et al. 2007), koja se može okarakterisati i kvalitetom strukture zemljišta, je osetljivost sredine koja služi za opis reakcija zemljišta na specifične uticaje stresa koji se prvenstveno javljaju zbog anomalija temperaturnih i padavinskih uslova.

Na procese kod redovno obrađivanih zemljišta (mravljenje, zgrušnjavanje ili pretvaranje u prašinu) ukazuje stanje agronomske strukture zemljišta, ili udeo grumenja (>10 mm), mrva (0,25-10 mm) i prašine (<0,25 mm) (Buzás, 1993). Kada je udeo prašine veći od 25-30%, govorimo o osetljivom, degradiranom zemljištu. Udeo mrvičastog zemljišta od 75-80% ukazuje na dobro stanje otpornosti na klimatski stres. Rastući udeo prašine i grumenja (npr. sa 10



3.19. ábra Mintavételi pontok Észak-Bácskai löszhát és a Dél-Tisza-völgy kistájak területén
Slika 3.19 Tačke uzimanja uzoraka na severnobčakoј lesnoj zaravni i mikroregionu Južne doline Tise
Fig. 3.19 Sampling points on the loess plateau of North Bačka and the South Tisza Valley

talajról beszélünk. A 75-80%-os morzsaarány jó klímastressz tűrő állapotra utal. A növekvő por- és rőgarány (pl. 10-ről 30-40-50%-ra), valamint a csökkenő morzsaarány (pl. 70-ről 50-40%-ra) kockázatos, ill. igen kockázatos minősítést jelent (Birkás et al. 2010).

A szél általi elhordás jelentős részben homok fizikai féleségű talajokat érint, ugyanakkor az intenzív talajművelés következtében, a már leromlott, porosodott szerkezetű csernozjom talajok is egyre inkább veszélyeztetetté válnak (Birkás et al 2010, Farsang et al 2011). A talajok defláció érzékenységet a szerkezeti tulajdonságaival összefüggésben az Észak-Bácskai löszhát és a Dél-Tisza-völgy kistájak csernozjom területein vizsgáltuk (3.19. ábra). Figyelembe véve a talajok genetikus talajtípusát, a földek szántóként történő alkalmazását és az uralkodó szélirányt a Bácskai löszhát területén összesen 21 darab, míg

na 30-40-50%), kao i opadajuća razmera mrvičaste strukture (npr. sa 70 na 50-40%) predstavlja izuzetno rizičnu kategoriju (Birkás et al. 2010).

Odnošenje vetrom u velikoj meri zahvata zemljišta sa peskovitim fizičkim svojstvima, istovremeno zbog intenzivnog obrađivanja degradirani, černozemi sa prašinastom strukturom postaju sve ugroženija (Birkás et al 2010, Farsang et al 2011). Osetljivost zemljišta na deflaciju u korelaciji sa strukturnim osobinama ispitivali smo na černozemnim područjima mikroregija severno-Bačke lesne zaravni i Južne doline Tise (Slika 3.19). Uzevši u obzir genetski tip zemljišta, korišćenje zemljišta za oranice i preovlađujući pravac vetrova na prostoru Bačke lesne zaravni je označeno ukupno 21, a u mikroregionu Južne doline Tise još dodatnih 16 parcela. Iz gornjih slojeva

a Dél-Tisza-völgy kistáj területén további 16 parcella került lehatárolásra. A parcellák fel-talajából átlagmintát gyűjtöttünk a szerkezeti tulajdonságok megállapítására.

A 37 db talajmintából az aggregátum-sta-bilitás meghatározása Sekera-féle kvalitatív becslés módszerével történt (Buzás 1993). Az agronómiai szerkezet és az aggregátumok megoszlása a talajszerkezeti elemek száraz szítalással (10; 5; 1; 0,5; 0,25; és 0,1 mm-es lyukbőségű szíták) való szétválasztása során került meghatározásra (Buzás 1993). Az adott rög, morzsa, illetve porfrakciókhoz tartozó mennyiségeket a minta tömegszázalékában kifejezve megállapítottuk a talaj százalékos morzsaösszetételét Stefanovits (1999) cso-portosítása szerint. A talajok aggregátum összetételét meg lehet határozni az átlagos geometriai átmérő segítségével (GMD) is. A számítás alapja a következő (Kemper és Rosenau 1986):

$$GMD = \exp \left(\frac{\sum_{i=1}^n w_i * \log x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right)$$

w_i az aggregátum tömege egy adott x_i átlagos átmérőjű szemcseméret frakcióban

$\sum_{i=1}^n w_i$ a minták összes tömege

A szerkezet leromlásának üteme, első-sorban a talaj morzsáinak légszáraz állapot-ban mért vízállóságától függ (di Gléria et al. 1957). A mért stabilitási értékekből adódóan becsülni lehet, hogy a leromlás gyorsabban és nagyobb mértékben következett, illetve következik-e be a megfigyelt csernozjom te-rületeken. A vizsgált bácskai csernozjom fel-talajok esetében a minták 19 %-a volt gyen-gén leromlott, 47,6 %-a leromlott és 33,4 %-a nagyon leromlott szerkezeti állapotú, azaz az aggregátumok nem rendelkeztek kellő ellen-

parcelsa prikupili smo prosečne uzorke za utvrđivanje strukturnih osobina.

Iz 37 komada uzoraka zemljišta, stabilnost agregata je utvrđena pomoću metode kvalitativne procene prema Sekeri (Buzás 1993). Agronomska struktura i raspodela agregata je određena prilikom razdvajanja strukturnih elemenata zemljišta pomoću suvog prosejavanja (sa otvorima od 10; 5; 0,5; 0,25; 0,1 mm) (Buzás 1993). Izrazivši količine za date frakcije grumenja, mrva odnosno prašine u težinskim procentima ustanovili smo procentualni granulometrijski sastav zemljišta prema klasifikaciji po Stefanovits (1999). Agregatni sastav zemljišta se može odrediti i pomoću prosečnog geometrijskog prečnika (GMD). Osnova proračuna je sledeća (Kemper i Rosenau 1986):

$$GMD = \exp \left(\frac{\sum_{i=1}^n w_i * \log x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right)$$

w_i masa agregata u datoj frakciji x_i sa prosečnim prečnikom čestica

$\sum_{i=1}^n w_i$ a ukupna masa uzoraka

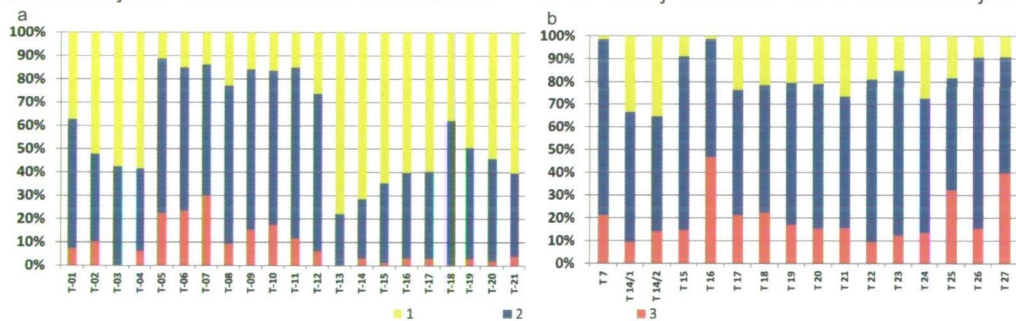
Brzina degradacije strukture zavisi pre svega od otpornosti mrva na vodu, izmerenu u vazдушnom suvom stanju (di Gléria et al. 1957). Na osnovu izmerenih vrednosti stabilnosti može se proceniti, da li je degradacija usledila u manjoj ili većoj meri, odnosno da li se događa u posmatranim černozemnim oblastima. U slučaju ispitanih bačkih površinskih černozema 19% uzoraka je bilo slabo degradiranog, 47,6% je bilo degradiranog a 33,4% je bilo jako degradiranog stanja strukture, odnosno agregati nisu raspolagali potrebnom otpornošću prema uticaju vode, i pod uticajem spoljnih sila relativno se lako

állással a vízhatással szemben, s a külső erők hatására viszonylag könnyen megbomlik a szerkezeti elemekben jelenlévő összetartó erő. A Dél-Tisza-völgy csernozjom talajai esetében is hasonló arány mutatkozott: 12,5 %-a a mintáknak gyengén leromlott, 50 %-a leromlott és 37,5 %-a nagyon leromlott szerkezetű.

A csernozjom talajtípusok jellemzője egészséges állapotban a morzsás genetikai talajszerkezet, ideális esetben 1-3 mm átmérőjű morzsák dominanciájával. A száraz szitálás során kapott aggregátum-eloszlásból következtetni lehetett a talajfelszíni, művelt réteg agronómiai szerkezetére. Ennek értelmében elmondható, hogy az alföldi mészlepedékes csernozjom talajtípusra jellemző morzsás szerkezet nem minden esetben volt megfigyelhető, több mintánál bizonyosodott be a talaj felső rétegének elporosodása. A klímastressz-tűrő állapot a Bácskai löszháton vizsgált minták közül csupán egy esetben bizonyult igen jónak, mely kellő képességgel rendelkezik a káros éghajlati hatások mérséklésére, tompítására (3.20. ábra). További hat minta megfelelő klímastressz-tűrő képességű. Ezek a talajok a lehatárolt területek északi ré-

narúšava koheziona sila prisutna u strukturnim elementima. U slučaju zemljišta Južne doline Tise se takođe pokazala slična proporcija: 12,5 % uzoraka je bilo slabo degradirano, 50% degradirano a 37,5% vrlo degradirane strukture. Za černoze u zdravom stanju je karakteristična mrvičasta genetska struktura zemljišta, u idelnom slučaju sa dominacijom mrva prečnika od 1-3 mm.

U raspodeli agregata dobijenoj suvim prosejavanjem može se pretpostaviti agronomska struktura površinskog obrađivanog sloja. U tom smislu, može se konstatovati, da se tipična mrvičasta struktura za tip zemljišta nizijske karbonatske crnice nije u svakom slučaju mogla prepoznati, kod više uzoraka je iskazano pretvaranje površinskog sloja u prašinu. Od uzoraka ispitanih na Bačkoj lesnoj zaravni samo je u jednom slučaju bilo vrlo dobro stanje otpornosti na klimatske stresove, koji raspolaže sa potrebnom otpornošću na ublažavanje i umeravanje štetnih klimatskih uticaja (Slika 3.20). Narednih 6 uzoraka je odgovarajuće otpornosti na klimatske stresove. Ova zemljišta su se nalazila na severu označenih prostora. Kod 14 uzoraka je dokazano da se radi o osetljivim,



3.20 ábra a) A feltalaj szerkezeti jellemzői a Bácskai löszháton területén; b) A feltalaj szerkezeti jellemzői a Dél-Tisza völgy kistáj csernozjom területein

(1:por frakció; 2: morzsas frakció; 3: rög frakció)

Slika 3.20 a) Karakteristike površinskog zemljišta na prostoru Bačke lesne zaravni; b) Karakteristike površinskog zemljišta na černozemnim prostorima mikroregije Južne doline Tise

(1:frakcija prašina 2 frakcija mrvice 3. frakcija grumeni)

Fig. 3.20 a) Characteristics of surface soil structure on the loess plateau of Bačka; b) characteristics of surface soil structure on the chernozems of the South Tisza Valley small region

(1:dust fraction; 2:crumb fraction; 3:clod fraction)

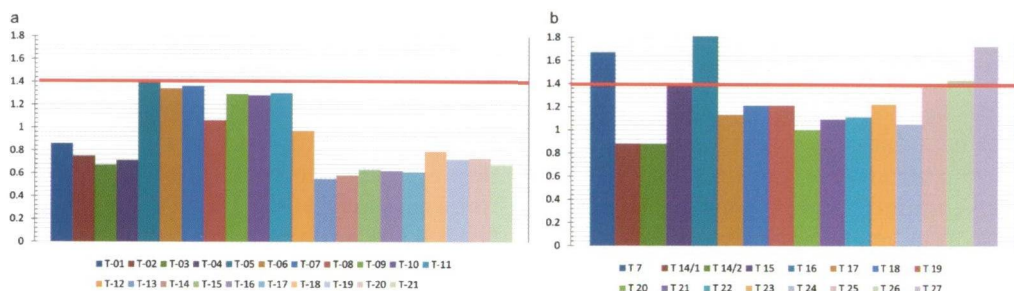
szén helyezkedtek el. 14 mintánál igazolódott be, hogy érzékeny, degradált talajokról van szó, ezek közül 5 minta klímastressz-tűrő képessége nem megfelelő. Ezeknél a porarány, valamint egy mintánál a rögrakciók mennyisége meghaladta a 25-30 %-ot. Az igen kockázatos minősítést kapott talajok a mintaterület déli, illetve keleti felén helyezkednek el. A vizsgált terület leromlott szerkezetű tábláinak hosszanti tengelye jelentős hányadban párhuzamosan fut a régióra jellemző széliránnyal, ami növeli a defláció érzékenységet. A Dél-Tisza völgyi táblák esetében kevésbé porosodott szerkezetről beszélhetünk, csupán két mintaterület esetében haladta meg a poraránya a 30 %-ot.

A szerkezeti elemek átlagos geometriai átmérővel történő összevetésével (GMD) is elvégeztük a szerkezeti elemek állapotára vonatkozó becsléseinket. Első lépésben egy virtuális minta GMD értékét számoltuk ki, mely optimalisan 80 %-os morzsafrakcióval rendelkezik és azon belül is az optimálisnak tekinthető 3 mm-es szemcseátmérővel. Az ilyen optimális szerkezetű, de virtuális minta esetében a GMD érték 1,4 lenne. A későbbiekben ehhez az értékhez hasonlítottuk a vizsgált talajminták GMD viszonyszámát. A szítási jegyzőkönyvbe vett értékek alapján számított értékek mind

degradiranim zemljištima, od ovih, otpornost na klimatske stresove nije odgovarajuća kod 5 uzoraka. Kod njih je udeo prašine, kao i kod jednog uzorka frakcije grumenja, prevazišla 25-30%. Zemljišta koja su klasifikovana kao vrlo rizična se nalaze na jugu odnosno istočnom delu istraživanog područja. Uzdužna osa parcela sa degradiranim strukturom se u značajnom broju podudara paralelno sa pravcem vetrova tipičnim za region, što povećava osetljivost na izduvavanje. U slučaju parcela Južne doline Tise imamo primer manje prašinaste strukture, udeo prašine je prevazišao 30% samo na dva uzorkovana prostora.

Poređenjem prosečnog geometrijskog prečnika strukturnih elemenata (GMD) smo takođe izvršili procene koje se tiču stanja strukturnih elemenata. U prvom koraku smo izračunali GMD vrednost jednog virtualnog uzorka, koji raspolaže sa optimalnih 80% frakcije mrva, a unutar nje sa prečnikom čestica od 3 mm koji se može smatrati optimalnim.

U slučaju ovakve optimalne strukture, ali virtualnog uzorka, vrednost GMD bi bila 1,4. Dalje smo u odnosu na ove vrednosti upoređivali vrednosti GMD za ispitivane uzorke zemljišta. Vrednosti koje su izračunate na osnovu vrednosti iz zapisnika prosejavanja zemljišta su se pokazale u slučaju oba



3.21. ábra a) A feltalaj GMD értékei a Bácskai löszhát területén; b) A feltalaj GMD értékei a Dél-Tisza völgy csernozjom területein (piros vonal: ideális minta)

Slika 3.21 a) GMD vrednosti površinskog zemljišta na prostoru Bačke lesne zaravni; b) GMD vrednosti površinskog zemljišta na černo zemnim prostorima mikroregije Južne doline Tise (crvena linija: idealan uzorak)

Fig. 3.21 a) Surface soil GMD values on the loess plateau of Bačka; b) Surface soil GMD values on the South Tisza Valley chernozems (red line: ideal sample)

a két vizsgált területen igen alacsonynak mutatkoztak (3.21. ábra). Az elemzett talajminták GMD értéke a bácskai területen egy esetben sem érte el az optimális értéket, a minták átlagértéke 0,89. A Dél-Tisza völgy csernozjom területein jobb a talajok szerkezeti állapota e mutató alapján is: három minta esetében eléri a mért érték az optimális 1,4 értéket, a minták átlagos GMD értéke pedig 1,28.

A csernozjomok ilyen mértékű porosodása figyelemre méltó problémát jelent, hiszen a jó minőségű csernozjom talaj termőképessége csökken. Emellett a defláció mértéke is számottevő csernozjom talajainkon. Már viszonylag alacsony szélesebségű (50-60 km/h) és rövid idejű (10 perc) széleseményeknél is 1-1,2 t/ha az elszállított talajanyag (Farsang et al. 2011). 10 perces 15 m/s-os (20 cm magasán mért) szélesemény hatására a csernozjom talaj aggregátum szerkezete jelentősen módosul: szélcsatornás kísérleteink alapján a porfrakció elmozdulása következtében 10 %-kal nő a feltalajban az 1-4 mm-es morzsák aránya (Farsang et al. 2011). Mindemellett a levegőbe jutott por közvetett problémákat is okoz (pl. a közlekedésben). Egészségügyi hatásai is lehetnek, ugyanis a szállított por belélegezve károsítja az ember és állatok szervezetét. A felhalmozódási területen is károk jelentkeznek, mivel a lerakott talajanyag befedi az ott termesztett növényeket, ezzel gátolva azok fejlődést, illetve kárt okozva nekik. A mezőgazdasági művelés alatt álló csernozjom területek feltalajának szerkezeti vizsgálataival, valamint a tápanyag és szerves anyag szélerózió útján történő mozgási törvényszerűségeinek feltárásával képet kapunk arról, hogy a legnagyobb gazdasági potenciállal rendelkező termőtalajunk milyen veszélyeknek van kitéve, s hogy a nem megfelelő időben, nem megfelelő nedvességsz viszonyok mellett történő talajművelés következtében kialakuló szerkezetromlás (porosodás) miatti deflációs károk milyen tápanyagvesztéssel járhatnak együtt.

istaživana područja kao vrlo niske (Slika 3.21). Vrednosti GMD ispitanih uzoraka zemljišta na području Bačke ni u jednom slučaju nije dostigla optimalnu vrednost, prosečna vrednost uzoraka je 0,89. Pokazatelji stanja strukture kod černozezne oblasti Južne doline Tise je bolji takođe i na osnovu ovog pokazatelja: u slučaju 3 uzorka izmerena vrednost dostiže optimalnu vrednost od 1,4, a prosečna GMD vrednost uzoraka je 1,28.

Pretvaranje černozeza u prašinu u ovako velikoj meri predstavlja značajan problem, pošto se smanjuje produktivnost černozeznih zemljišta dobrog kvaliteta. Pored toga je takođe značajan stepen izduvavanja na našim černozeznim zemljištima. Već kod relativno kratkotrajnih (10 min) pojava vetra sa relativno malom brzinom (od 50-60 km/h) količina odnesenog materijala je 1-1,2 t/ha (Farsang et al. 2011). Pod uticajem pojave vetra od 10 minuta i 15 m/s (izmereno na visini od 20 cm) agregatna struktura zemljišta černozeza se značajno menja: na osnovu naših eksperimenata u vazдушnom tunelu, usled pomeranja frakcije prašine, u gornjem sloju raste udeo mrva od 1-4 mm za 10% (Farsang et al. 2011). Pored svega prašina koja dospeva u vazduh uzrokuje probleme i posredno (npr. u saobraćaju). Može imati i zdravstvene uticaje, naime transportovana prašina koja se udahne oštećuje organizme ljudi i životinja. Štete se pojavljuju i na područjima nagomilavanja, pošto nataloženi materijal prekriva uzgajane biljke, čime se sprečava njihov razvoj, odnosno pričinjava se šteta na njima. Ispitivanjem strukture gornjih slojeva poljoprivredno obrađivanih područja sa crnicama, kao i otkrivanjem zakonitosti kretanja hranjivih i organskih materija putem eolske erozije dobijamo sliku o tome, kakvim su opasnostima izložena naša obradiva zemljišta sa najvećim privrednim potencijalom, i kakav gubitak hranjivih materija se javlja zbog izduvavanja uzrokovano degradacijom strukture (pretvaranja u prašinu) usled obrađivanja koje nije pravovremeno, i ne obavlja se u odgovarajućim uslovima vlažnosti.